UNTERSUCHUNGEN ZUR VERBESSERUNG DER MAISBESTELLTECHNIK

Von der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau
der Technischen Universität München
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Landwirtschaft (Dr.agr.)
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Diplomlandwirt Hans Stanzel
geboren zu Jägerndorf

1. Berichterstatter: Prof. Dr.H.L.Wenner
2. Berichterstatter: Prof.Dr.G.Fischbeck

Tag der Einreichung der Arbeit: 30.5.1973
Tag der Annahme der Arbeit: 25.7.1973
Tag der Promotion: 27.7.1973

Herausgegeben von der Landtechnik Weihenstephan
Institut für Landtechnik
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Landtechnischer Verein in Bayern e.V. (LTV)
805 Freising-Weihenstephan
1974

Vorwort

Maisbau wird heute auch in Regionen betrieben, in denen er ungünstige Standortfaktoren vorfindet. Dort müssen alle wachstumsfördernden Maßnahmen ausgeschöpft werden, um den Pflanzen eine ausreichende Entwicklung zu ermöglichen. Bodenvorbereitung und Bestelltechnik können dazu einen wichtigen Beitrag liefern. In dieser Arbeit wurde versucht, die herkömmlichen Methoden zu verbessern und neue Verfahren zu erproben. Den Anstoß dazu gab Prof. Dr. Dr. P. R I N T E L E N , der als erster die neuen Probleme außerhalb der traditionellen Maisbaugebiete Westdeutschlands aufgegriffen hat.

Die umfangreiche Versuchsanstellung wurde durch einen Forschungsauftrag des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft in dankenswerter Weise gefördert.

Dank gilt ebenso Herrn Prof.Dr.-Ing.Dr.h.c.W.G. B R E N N E R , der die umfangreichen Arbeiten im Rahmen des Instituts und der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik ermöglichte. Für die Mithilfe bei der ausgedehnten Versuchstätigkeit sei allen Mitarbeitern an der "Landtechnik Weihenstephan" gedankt, ganz besonders auch Herrn Dr. agr. M. C. E S T L E R und Herrn Regierungsdirektor J. Z S C H E I S C H L E R an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau für ihre richtungsweisende und vielseitige Unterstützung.

Für die tatkräftige Hilfe bei der Zusammenstellung der Dissertation sei Herrn Prof. Dr. H. L. W E N N E R recht herzlich gedankt, ebenso wie Herrn Prof. Dr. G. F I S C H B E C K für seine wertvollen Anregungen.

Da die Probleme nur mit Feldversuchen zu lösen waren, wurden Rat, Hilfe und Ackerflächen mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe in Anspruch genommen, ebenso die sachverständige Unterstützung einiger Hersteller von Fahrzeugen, Bodenbearbeitungs- und Sägeräten. Den Betriebsleitern und Sachbearbeitern sei zum Dank diese Arbeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	VERSUCHSVORAUSSETZUNGEN	8
2.1	Versuchsanstellung und Methodik	8
2.2	Standortbedingungen und Versuchsorte	9
2.3	Witterung der Versuchsjahre	13
3	PFLANZENBAULICHE UNTERSUCHUNGEN UND PRÜFUNGEN DER ANGEWANDTEN VERFAHREN	16
3.1	Gefäßversuche über Einflußfaktoren für das frühe Maiswachstum	16
3.2	Bodenvorbereitung	31
3.2.1	Bodentemperaturverlauf im Damm und unter ebener Ackeroberfläche	31
3.2.2	Wirkung der Oberflächengestaltung - Ebene, Damm, Furche - auf das Maiswachstum	39
3.2.3	Verdichtung des Keimbettes	46
3.2.4	Streifenbearbeitung zur Maissaat	52
3.3	Saatkornablage	64
3.3.1	Einfluß von Einzelkorn- und Horstablage	66
4	ZUR TECHNISCHEN AUSRÜSTUNG UND DEN VERFAHREN BEI DER MAISSAAT	73
4.1	Saatbettvorbereitung	73
4.2	Arbeitseffekte der Einzelkornsägeräte	75
4.2.1	Bodeneinwirkung	75

Seite

4.2.2 Saatgutentnahme und Zellenfüllung 80

4.2.3 Verteilung der Körner in der Saatrinne 82

4.3 Ausrüstung für Verfahren mit verringertem Aufwand 89

4.3.1 Gerätekopplung für Bestellung und Saat 93

4.3.2 Aussaat mit Streifenbearbeitung 94

4.3.3 Frässaat und Dammsaat 100

4.4 Arbeitszeitbedarf und Schlagkraft der Verfahren mit verringertem Aufwand 106

5 ZUSAMMENFASSUNG 113

6 LITERATURVERZEICHNIS 116

7 ANHANG 128

1 EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

Die erfolgreiche Produktion einer Bodenfrucht ist heute nicht mehr Sache einer fortgesetzten Tradition, sondern eine Frage der Bereitschaft der Betriebsleiter, neue pflanzenbauliche, betriebswirtschaftliche und technische Erkenntnisse auf den eigenen Standorten zu Erfahrungen zu verschmelzen und danach die Fülle der Einflußfaktoren zu optimieren. Dafür liefert die Entwicklung des Körnermaisanbaues in Süddeutschland ein gutes Beispiel (Abb. 1).

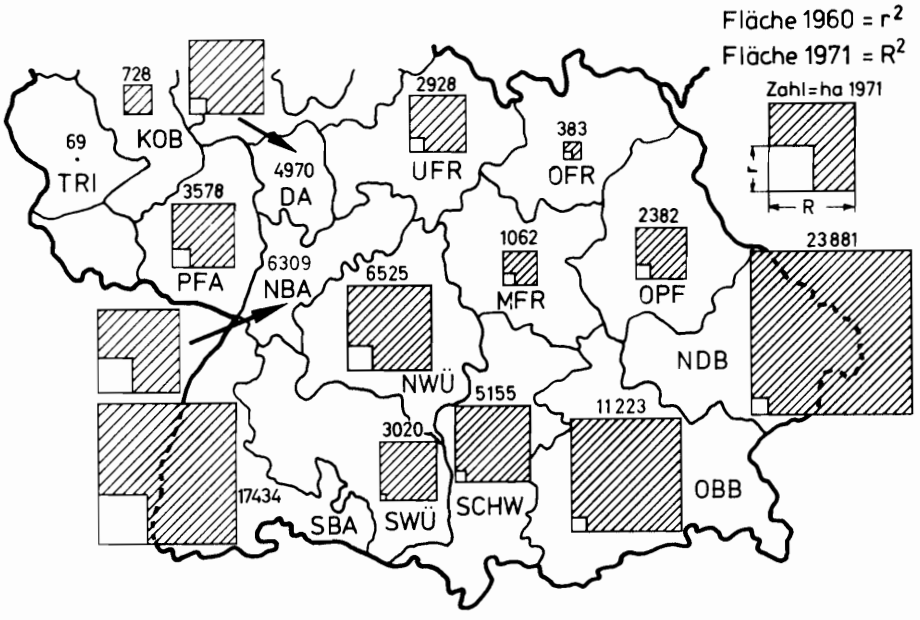


Abb. 1: Körnermaisanbauflächen von 1960 und 1971 in Süddeutschland

In den traditionellen Maisanbaugebieten Südbadens ging der Anbau bis 1958 ständig zurück, um dann nach dem Aufkommen ertragreicherer Hybridmaissorten langsam wieder anzusteigen (KISING (51)).

In Bayern setzte dagegen ab 1960 eine stürmische Auswei-

tung der Anbauflächen ein (RINTELEN (79)). Voraussetzung für diesen Aufschwung waren neue technische, arbeits- und betriebswirtschaftliche Lösungen der Maisproduktion, die im wesentlichen von BRENNER (14), ESTLER (30), LIESEGANG (61), MEHRLE (77), SCHMID (86) und RINTELEN (78) in Weihenstephan entwickelt wurden. Insbesondere die Ernte- und Konservierungstechnik wurde hier den spezifischen Eigenschaften des Körner- und Silomaises angepaßt und der Praxis vorgeschlagen. Dagegen wurden andere technische Probleme im Bereich der Bodenvorbereitung und der Aussaat zunächst zurückgestellt, weil sie auf die Konkurrenzfähigkeit der Maisproduktion gegenüber anderen Feldfrüchten einen geringeren Einfluß haben.

In jedem Jahr sind auf den Maisschlägen deutliche Ausfälle zu beobachten, die auf Mängel bei der Saatbettvorbereitung, der Aussaat, des Pflanzenschutzes und des Erosionsschutzes für den Boden zurückzuführen sind. Hier kann die Verbesserung der technischen Verfahren Abhilfe schaffen. Die hohe Empfindlichkeit der Pflanzen in der Anfangsphase des Wachstums verlangt die Bodenbearbeitung der Aussaat zu genau definierten und engbegrenzten Zeitpunkten. Deshalb hat hier die Schlagkraft der Verfahren eine besondere Bedeutung.

In Abb. 2 sind die einzelnen Abschnitte des Vegetationsablaufes dargestellt und die Möglichkeiten für den Eingriff der Verfahrenstechnik zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen und der Erträge.

Die vorliegende Arbeit behandelt die Maßnahmen, die den Beginn und die Anfangsphase der Maisentwicklung beeinflußen. Sie soll ein Beitrag zu der von FISCHBECK (37) geforderten Verbesserung der Anbautechnik sein. Sie befaßt sich im einzelnen mit den Pflanzenausfällen im ersten Vegetationsabschnitt und mit der Erprobung von Maßnahmen zur Verbesserung des Keim- und Wurzelbetts. Diese Maßnahmen haben auf den Erosionswiderstand des Bodens Rücksicht zu nehmen, der wie bei kaum einer anderen Feldfrucht von Oktober bis zum Juni,

also 8 Monate lang der Witterung schutzlos ausgesetzt wird. Da Verbesserungen stets sehr standortbezogen sein werden, müssen die Ergebnisse in ihrem Bezug auf das Untersuchungsgebiet Bayern und einige klimatisch ähnliche Gebiete Süddeutschlands gesehen werden.

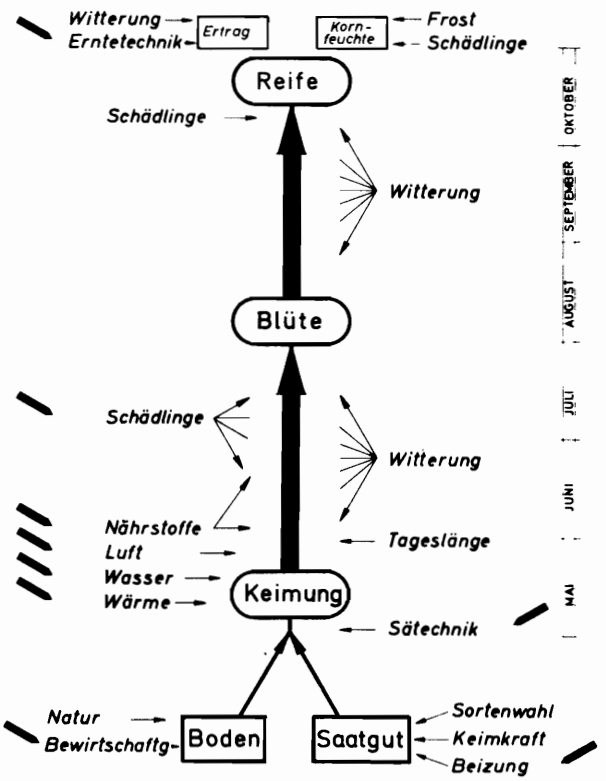


Abb. 2 : Wachstumsablauf und wachstumsbestimmende Faktoren bei Mais

= Eingriffsmöglichkeit der Landtechnik

Die nach pflanzenbaulichen Forderungen verbesserten Bestellverfahren sind darüber hinaus mit einer höheren Schlagkraft auszustatten, so daß die günstigsten Termine besser eingehalten oder die Kosten der Arbeitserledigung durch höhere Auslastung der Maschinen gesenkt werden können. Mit der Senkung des Aufwands, insbesondere für die Bodenbearbeitung, soll aber auch eine größere Bodenschonung erreicht werden.

2 VERSUCHSVORAUSSETZUNGEN

2.1 Versuchsanstellung und Methodik

Der oben beschriebene Fragenkomplex ließ sich nur durch schrittweises Vorgehen bearbeiten. Zunächst wurde in einem polyfaktoriellen Gefäßversuch geklärt, welche technisch steuerbaren Faktoren für das langsame und verlustreiche Anfangswachstum der Maispflanzen verantwortlich sind. Daraus ließen sich die wesentlichen Maßnahmen herleiten, die zu einer Verbesserung der Wachstumsverhältnisse beitragen können.

Für die Durchführung der verbesserten Maßnahmen und Bestellverfahren wurden im Laufe des 4-jährigen Untersuchungszeitraumes von 1965 bis 1968 Werkzeuge und Maschinen konstruiert, insbesondere für die Bodenbearbeitung und Saat in einem Arbeitsgang. Mit dieser Ausrüstung wurden großflächige Feldversuche in verschiedenen Regionen Bayerns angelegt. Die Durchführung erfolgte zentral von Weihenstephan aus; Personal- und Maschinensatz waren deshalb auf allen Orten gleich (Abb. 3).

Zur Anlage kamen polyfaktorielle Versuche auf Flächen von 1 - 2 ha. Auf die Empfehlung von RUNDFELDT (81) hin wurde allerdings von den klassischen Versuchsplänen abgewichen und technisch praktikable Formen gewählt. Zur Einstellung der verschiedenen Behandlungen (z.B. Dammsaat, Streifenbearbeitung usw.) wurde der optische Eindruck der Böden herangezogen; d.h. die Einstellung der Bodenwerkzeuge und Sägeräte richtete sich im wesentlichen nach Bodenfeuchte, Verdichtung und Brockengröße.

Zur Beurteilung der Behandlungswirkungen wurden ausschließlich Meßgrößen von den Pflanzen gewählt. Von den zunächst festgehaltenen Merkmalen Aufgangszahl, Wuchshöhe und Bonitierung auf Aussehen ließen sich jedoch keine behandlungs-

konformen Aussagen ablesen, die mit den Erträgen eng korreliert gewesen wären. Deshalb wurden überwiegend die Kornerträge aus der Handernte und die Kornfeuchten ausgewertet und die Ergebnisse in der üblichen Weise statistisch abgesichert. Die Rechenarbeiten wurden im Leibni z-Rechenzentrum in München durchgeführt.

Abb. 3: Maschinenausrüstung für die Versuche:
2 Unimog U 70 und U 30, Bodenbearbeitungskombination, Fräse, 2 Sägeräte mit Reihendüngerstreuern

2.2 Standortbedingungen und Versuchsorte

Mais ist im Untersuchungsgebiet erst seit 1960 als konkurrenzfähige Leitfrucht für viele Betriebe bekannt. Sein Anbau hat daher noch nicht die von der Natur und Ökonomik gezogenen Grenzen erreicht. LIESEGANG (61) hat deshalb 1966 versucht, die natürlichen Grenzen des Körner- und Silomaisanbaus abzustecken, die sich aus Witterungsdaten, Bodenzahlen und Höhenlagen errechnen ließen. Einen Ausschnitt aus der Karte der Anbauzonen in Westdeutschland

bringt Abb. 4.

Danach kommen für den Körnermaisanbau der mittelfrühen Hybridsorten weite Teile Niederbayerns, Mittel- und Unterfrankens in Frage, sowie die nördlichen Teile Oberbayerns und Schwabens. Dagegen scheinen in Oberfranken und der Oberpfalz nur wenige Lagen mit guten, leicht erwärmbaren Böden oder günstiger Exposition geeignet zu sein. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang LIESEGANGS Feststellung, daß sich die Ansprüche eines qualitativ hochwertigen Silomaises an das Klima weitgehend mit denen des Körnermaises decken. Deshalb konnten die Anbauzonen für Silomais auch nicht viel weiter ausgedehnt werden.

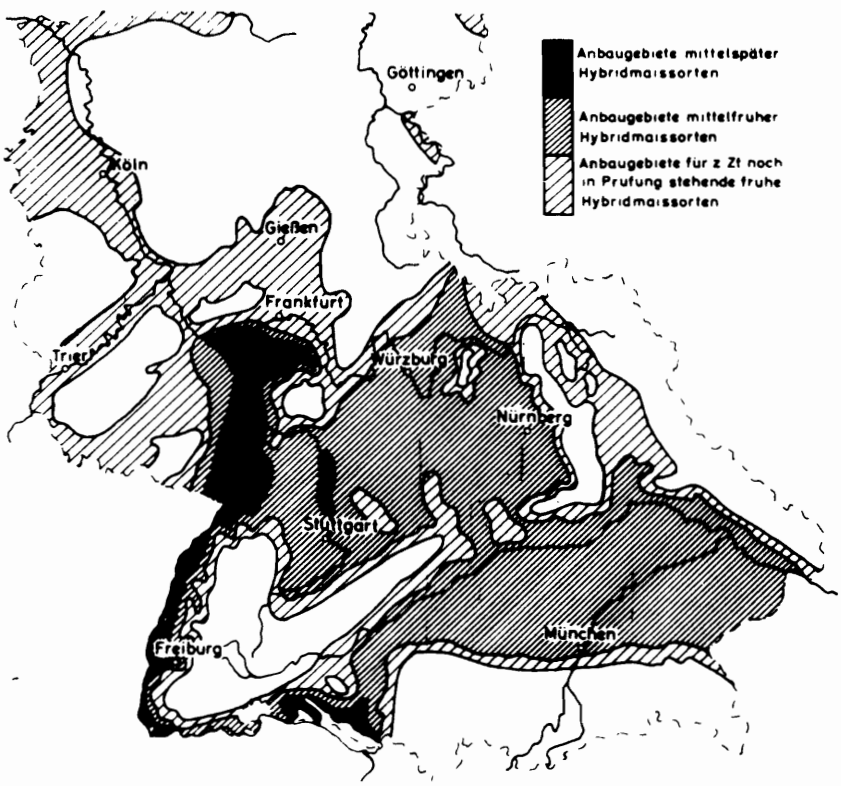


Abb. 4: Natürliche Grenzen des Körnermaisanbaues in Süddeutschland (nach LIESEGANG)

In Abb. 5 macht LIESEGANG auch Angaben über die Ertragszonen, die unmittelbar Aufschluß über die Gunst des Faktorenpaares Klima/Boden geben.

Zone I mit geringem Ertragsniveau umfaßt die trockenen Gebiete um Würzburg und im Rhein-Main-Dreieck

sowie die leichten Sandböden Mittel-, Unter- und Oberfrankens.

Zone II mit Erträgen von 40...45 dz/ha erstreckt sich auf Gebiete mit Böden mittlerer bis schlechter Ertragslage, die Randzonen der Mittelgebirge, des Juras, der mittelfränkischen Keupergebiete sowie auf die regenreichen Randgebiete des tertiären Hügellandes und der Zone der Endmoränen.

Zone III mit durchschnittlichen Erträgen von 45...50 dz/ha umfaßt die mittleren bis guten Böden bei ausreichenden Niederschlägen im tertiären Hügelland in Ober- und Niederbayern und die Oberrheinebene.

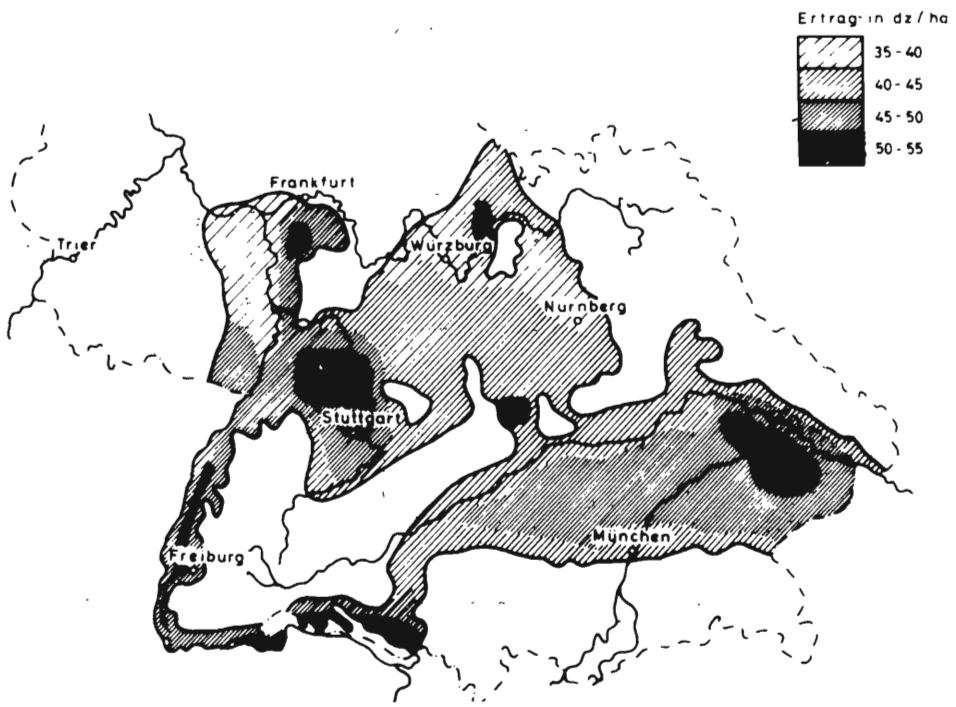


Abb. 5: Nachhaltig erzielbare Körnermaiserträge in Süddeutschland (LIESEGANG (61))

Zone IV mit 50...55 dz/ha Ertragsniveau auf tiefgründigen Löß- und Lößlehmböden und guten, ausgeglichenen Klimavoraussetzungen umfaßt in

Lage der Versuchsstellen innerhalb der geologischen Regionen Bayerns

Bayern nur die kleinen Gebiete im Straubinger, Regensburger und Ochsenfurter Gäugebiet und im Nördlinger Ries, sowie die Gebiete am mittleren Neckar und entlang des Bodensees.

Innerhalb des für Körnermais geeigneten Gebiets liegen also bei den Boden- und Klimaverhältnissen große Variationsbreiten vor. Um zu einer Aussage über die verschiedenen Versuchsfragen zu kommen, mußten daher die Versuche auf unterschiedlichen Standorten angelegt werden.

Insgesamt wurden 14 Betriebe ausgewählt, die hinsichtlich Bereitschaft und Erfahrung der Betriebsleiter und der Gleichmäßigkeit der Böden für den gewünschten, völlig praxisgerechten Anbau der Feldversuche geeignet erschienen (Abb. 6). Die 14 Betriebe sind über alle sieben Regierungsbezirke Bayerns verstreut in einem Gebiet, das sich mit den Koordinaten 48...50° N und 10...13° E umschreiben läßt. Die Höhenlage erstreckt sich von 200 m über NN im Maintal bis 630 m im östlichen Schwaben. Vier Betriebe haben lehmige Sandböden, fünf sandigen Lehm, drei Lößlehm, einer Lehm und einer tonigen Lehm aufzuweisen. Mit Ausnahme des unterfränkischen Buntsandsteins, der fränkischen Gipskeuperböden und der oberfränkisch-oberpfälzischen Kreide, wo heute noch kaum Körnermais zu finden ist, waren alle geologischen Formationen Bayerns vertreten. Die näheren Angaben zu den Versuchsorten sind der Tabelle 12 (Beschreibung der Versuchsorte) im Anhang zu entnehmen.

2.3 Witterung der Versuchsjahre

Da bei allen Feldversuchen die Witterungseinflüsse die Wirkung der vorgenommenen Behandlungen zu überdecken pflegen, wurden die Versuche von vorneherein für drei Vegetationsperioden geplant. Der Zufall wollte es, daß in diesen drei Jahren Extreme auftraten.

Das Jahr 1965 zeichnete sich durch außergewöhnlich naßkalte

und sonnenscheinarme Witterung während der ganzen Vegetationszeit aus. Dieser Umstand beeinträchtigte Abreifung und Ertrag auf allen Standorten stark. Durch anhaltend hohe Niederschläge und niedrige Temperaturen wurden Aussaat und Pflanzenentwicklung so stark verzögert, daß im Herbst nur in wenigen Fällen die Gelbreife einigermaßen erreicht wurde. Die Kornfeuchte lag im Mittel aller Versuche bei 52,8 % und damit weit über der Grenze der Druschfähigkeit (ESTLER (32) S. 72). Lediglich strenger Frost bei der Ernte im November und Dezember machte den Einsatz der Mähdrescher möglich.

Das Jahr 1966 brachte dagegen einen durchschnittlichen Verlauf bei den mittleren Tagestemperaturen. Überdurchschnittlich hohe Niederschläge und geringe Sonnenscheindauer im Juli und August verzögerten jedoch die Pflanzenentwicklung. Der überaus warme und trockene Oktober ließ die Bestände aber doch noch gut ausreifen und zu leicht überdurchschnittlichen Erträgen kommen.

Das Jahr 1967 gab den meisten Schlägen einen schlechten Start mit einer extrem kalten letzten Aprilwoche. Auch der Juni überraschte mit geringen Temperaturen, während der Juli in den nördlichen Teilen Bayerns große Trockenheit brachte. Die Jugendentwicklung und die Befruchtung der Maispflanzen ließen auf einigen Standorten zu wünschen übrig. Der Herbst wartete dann mit einer Seltenheit für Bayern auf: auf einen ungewöhnlich kalten und nassen September folgten hochsommerliche Lufttemperaturen im Oktober. Die Folge war ein abnormer Befall mit Fusarien-Stengelfäule, der bei vielen Beständen zum Lagern führte, die Handernte der Versuchsflächen aber nicht beeinträchtigte. Im allgemeinen mußten sich die Betriebe bei Lagerfrucht mit durchschnittlichen Erträgen zufrieden geben, auf den übrigen Flächen wurden Spitzenerträge erzielt.

Die Tabelle 1 bringt die Extreme der Witterungsdaten einiger Versuchsorte und demonstriert die große Streubreite

insbesondere bei den Niederschlägen und der Sonnenscheindauer. Die Witterungsdaten aller Versuchsorte sind in den Spalten 9...12 der Tabelle 12 im Anhang zu finden.

Tabelle 1 Extreme der meteorologischen Daten (Mittelwerte und Summen von Mai bis September)

Temperatur (Tagesmittel) °C	Niederschläge (Summen) mm	Sonnenschein (Summen) h
13,6 Weihenstephan 1965	287 Dächheim 1967	860 Unterneukirchen 1965
16,2 Makofen 1967	789 Schönberg 1966	1128 Gonnersdorf 1967

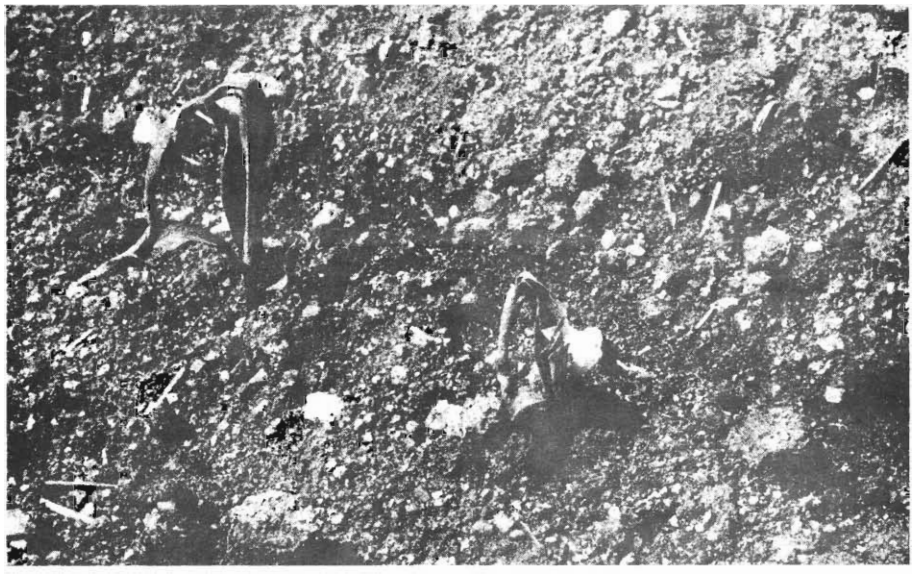
3 PFLANZENBAULICHE UNTERSUCHUNGEN UND PRÜFUNGEN DER ANGEWANDTEN VERFAHREN

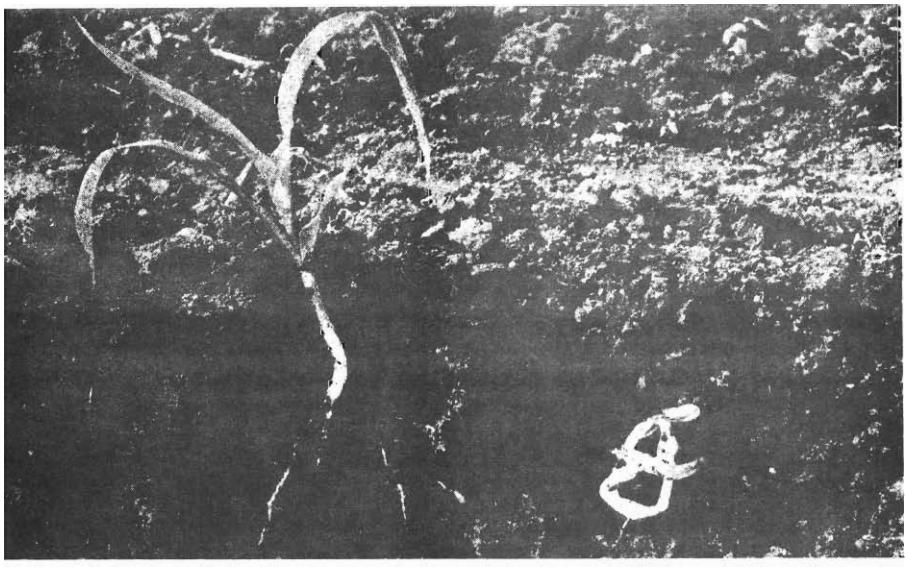
3.1 Gefäßversuche über Einflußfaktoren auf das frühe Maiswachstum

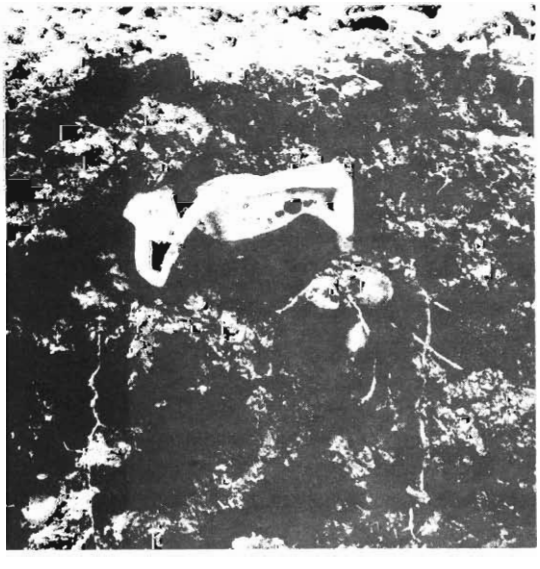
Die allgemeinen Erfahrungen mit dem Maisanbau im Untersuchungsgebiet zeigen, daß auf den meisten Standorten mit geringen Aufgangszahlen von 70 - 90 % zu rechnen ist. Da aber die Saatgutqualitäten in der Regel jedes Jahr sehr gut sind (92 - 98 % Keimfähigkeit), kann es nur an ungünstigen Umweltfaktoren liegen, wenn ein beachtlicher Teil der Körner nicht ankeimt oder Keimlinge und Jungpflanzen nach einigen Wochen eingehen. Die üblichen Ursachen für die Ausfälle sind bekannt. Eine Zusammenfassung geben ALDRICH und LENG (3):

1. Kornbeschädigungen durch die Sämaschine;
2. Zu tiefe Saat (mangelnde Temperatur und Sauerstoffversorgung);
3. Zu flache Saat (rascher Temperaturwechsel und Wechsel zwischen Quellen und Austrocknen);
4. Fehlender Bodenschluß (mangelnde Wasserversorgung und starker Feuchtewechsel);
5. Phythiumbefall der jungen Sproße und Wurzeln in kalten und nassen Böden;
6. Verschlämmte Oberflächen, kalte Witterung oder zu tiefe Saat verhindern den Durchbruch der Koleoptilen zur Oberfläche;
7. Mineraldünger mit großer Salzwirkung liegt zu nahe am Korn;
8. Fraß von Insekten, Nagetieren und Vögeln.

Bei Grabungen auf verschiedenen Schlägen 1965 und 1966 zeigte sich, daß der geringere Teil von 200 Fehlstellen, nämlich







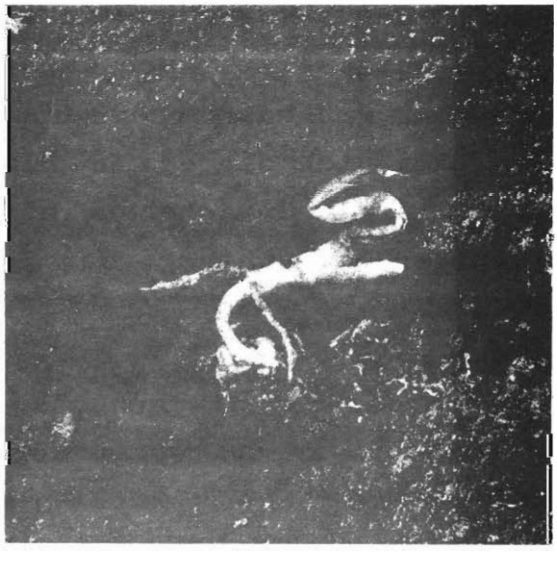


Abb. 7 - 10: Schadbilder an jungen Maispflanzen

ca. 40 % keine oder völlig tote Körner aufwiesen, während in der Mehrheit angekeimte, teilweise entwickelte oder gekrümmte Pflanzen mit verklebten Blattspreiten vorgefunden wurden. Eine charakteristische Auswahl zum Absterben verurteilter Pflanzen zeigen die Abb. 7 - 10, die in Feldbeständen gefunden wurden.

Da über die Ursachen dieser Ausfälle und Schadbilder zur Zeit der Untersuchungen verschiedene Ansichten bestanden und aus der Literatur keine eindeutige Klärung zu beziehen war, wurde ein mehrfaktorieller Gefäßversuch unter gesteuerten Umweltbedingungen durchgeführt. Dabei sollte der Einfluß folgender Behandlungen auf das Maiswachstum qualitativ ermittelt werden:

Sorte mit 3 Stufen
Beizung mit 5 Stufen
Bodenfeuchte mit 2 Stufen
Saattiefe mit 2 Stufen
Bodenart mit 2 Stufen
Kälteperiode mit 2 Stufen

Je 20 äußerlich gesunde Maiskörner wurden in 240 verzinkte Blechtöpfe gesät und im Klimaschrank einem konstanten Klima ausgesetzt. Alle Körner hatten 4 Tage Zeit, bei 15°C anzukeimen. Nach 4 Tagen wurden alle Töpfe einer Temperatur von + 5°C ausgesetzt. Nach dieser Kälteperiode von unterschiedlicher Dauer konnten alle Pflanzen bei 21°C weiterwachsen. Als sich die ersten Blattspreiten zeigten, kamen die Töpfe in ein Gewächshaus mit ungesteuertem Klima aber regelmäßiger Befeuchtung. Der Versuch lief nach folgendem Zeitplan ab:

TAG	BEHANDLUNG DER 1. PARTIE	BEHANDLUNG DER 2. PARTIE
1....4	ANKEIMEN BEI 15 GRAD C	
	TEMPERATURWECHSEL AUF +5 GRAD C	
5....1o	KAELTEPERIODE MIT 5 GRAD C	
	TEMPERATURWECHSEL AUF 21 GRAD C	
11...16	WAERMEPERIODE MIT 21 GRAD C	KAELTEPERIODE MIT 5 GRAD C
	1.AUSZAEHLUNG UND BONITIERUNG	TEMPERATURWECHSEL AUF 21 GRAD C
17...22	GEWAECHWHAUS	WAERMEPERIODE MIT 21 GRAD C
		1.AUSZAEHLUNG UND BONITIERUNG
23...3o	GEWAECHSHAUS	
	2.AUSZAEHLUNG	

Grundlage für die Beurteilung der Ergebnisse bildeten 6 Merkmale:

Merkmal 1 die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen pro Topf bei der ersten Auszählung

Merkmal 2 die Bonitur der äußeren Erscheinung der Pflanzen

Merkmal 3 die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen bei der zweiten Auszählung

Merkmal 4 die Zahl der normal entwickelten Pflanzen

Merkmal 5 die Zahl der toten Körner ohne Wurzel und Sproß

Merkmal 6 die Zahl der Pflanzen mit verklebten Blattspreiten und gekrümmtem Wuchs über und unter der Erdoberfläche

Ein Bild der gewählten Kriterien gibt die Abb. 11, die die Pflanzen eines Topfes bei der zweiten Auszählung zeigt. In der oberen Reihe sind 9 verkrümmte Pflanzen (Merkmal 6) und 1 totes Korn (Merkmal 5) zu sehen; in der unteren Reihe 4 gesunde Pflanzen (Merkmal 4) und 6 gekrümmte Pflanzen nach Merkmal 6.

Abb. 11

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 auf Seite 29 zusammengefaßt; die varianzanalytische Auswertung ist in der Tabelle 13 im Anhang zu finden. Im einzelnen wurden folgende Versuchsfragen gestellt:

1. Einfluß der Sorte auf die Beurteilungsmerkmale

Zur Prüfung wurde Saatgut der 3 wichtigsten Korntypen herangezogen. Als ausgesprochener Hartmaistyp wurde Topcross 70, ein Stamm der Bayerischen Landessaatzuchtanstalt verwendet. Als Sorten der Zahn- bzw. Mischtypen wurde Inra 244 bzw. Inra 200 gewählt. Die Keimfähigkeit lag zwischen 98,7 und 99,2 %; im Coldtest erreichte das Saatgut 95,6 bis 98,3 %.

Alle Merkmalsdifferenzen waren hochsignifikant bis auf die bei der Bonitierung. Die stärkste Schädigung durch die Behandlungen zeigte der Zahnmaistyp Inra 244. Hier liefen nur 57 % der Pflanzen auf, gegenüber 66 % bzw. 67 % bei den anderen Maissorten. Einen Eindruck von den Wachstumsunterschieden gibt Abb. 12, auf der der Topcross 70 den für Hartmais typischen Entwicklungsvorsprung zeigt.

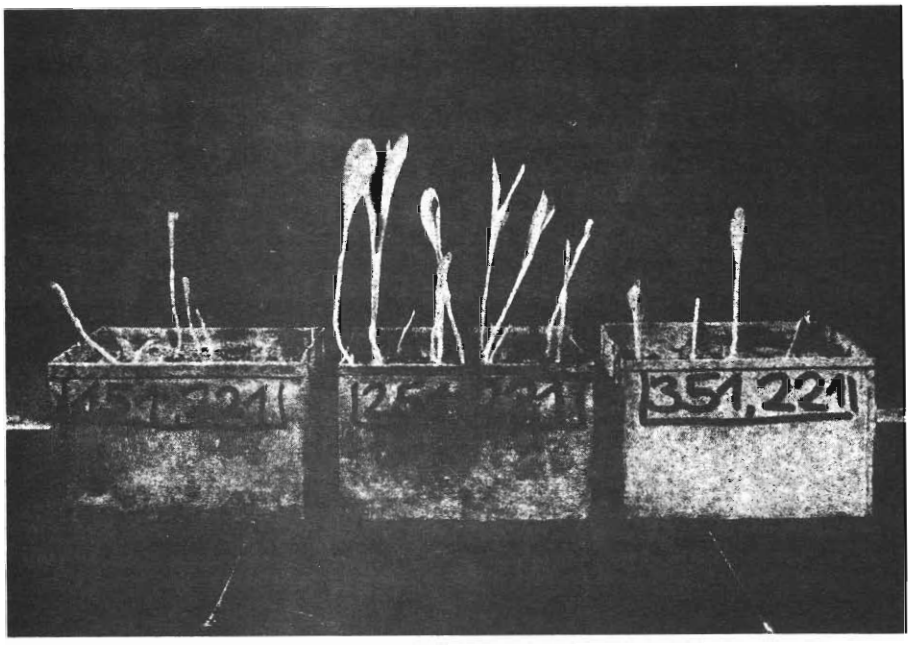


Abb. 12: Beispiel für den Einfluß der Sorte. Reihenfolge der Töpfe v.l.n.r.: Inra 244, Topcross 70, Inra 200, 22 Tage nach der Saat ; alle Töpfe wurden mit 3-fach GA 69, gut feuchter Ackererde, 3 cm Saattiefe und kurzer Kälteperiode behandelt.

2. Einfluß der Beizung mit TMTD bzw. TMTD + Dieldrin

Zur Verwendung kam Saatgut ohne Beize, mit einfacher TMTD-Beize (3 g pro kg Saatgut) und 3-facher TMTD-Beize mit 9 g pro kg und einer Kombibeize mit der Versuchsbezeichnung GA 69 mit den Wirkstoffen TMTD und Dieldrin mit 3 g/kg und 9 g/kg.

An den Ergebnissen der Tabelle 2 ist bemerkenswert, daß die 3-fache TMTD-Menge die besten Werte brachte mit 80 % gesunden Pflanzen (Sp. 8), dagegen lieferte das ungebeizte Saatgut erwartungsgemäß mit 44 % gesunden Pflanzen den schlechtesten Aufgang, da 46 % der Körner nicht ankeimten (Sp.10). Am schlechtesten schnitt das Saatgut mit 3-facher GA 69 Beize ab, da hier nur 42 % gesunde Pflanzen, aber 45 % gekrümmte ausgezählt wurden (Sp. 12). Es ist also eine ganz beachtliche Schädigung durch dieses Beizmittel festzustellen, vor allem, wenn es überdosiert wird. Das kommt optisch auch auf der Abb. 13 zur Geltung, wo die mit GA 69 behandelten Töpfe am rechten Bildrand zu finden sind.

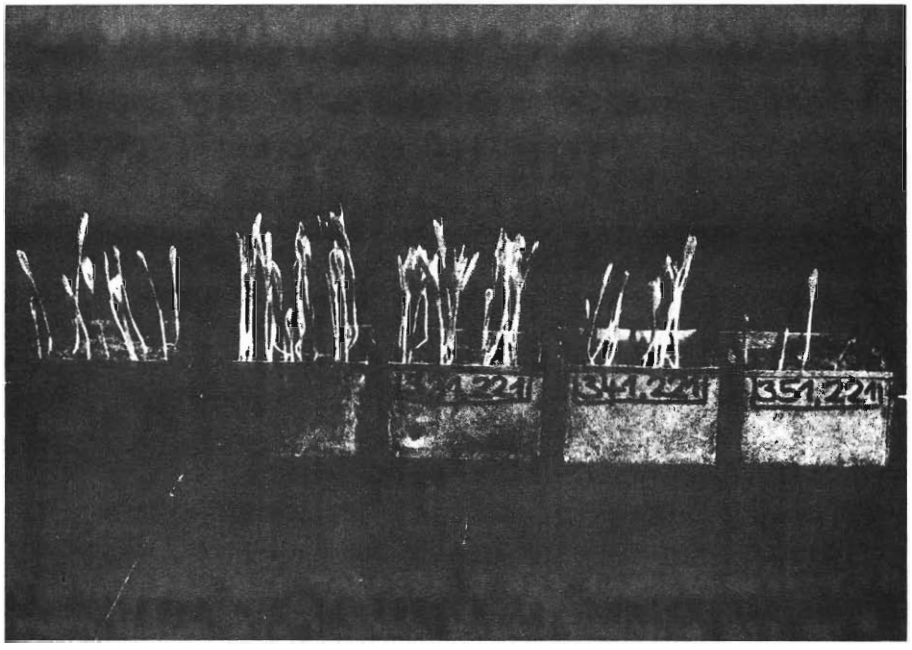


Abb. 13: Beispiel für den Einfluß der Beizung. Reihenfolge der Töpfe v.l.n.r.: ohne Beizung, mit TMTD 1-fach, mit TMTD 3-fach, mit GA 69 1-fach, mit GA 69 3-fach. Alle Töpfe 22 Tage nach der Saat mit Inra 244, bei mäßig feuchter Ackererde, 6 cm Saattiefe und kurzer Kälteperiode.

Beim F-Test (Tabelle 13 im Anhang) läßt sich bei allen Merkmalen ein relativ großer Anteil der Gesamtvarianz mit der Wechselwirkung von Beizung und Bodenart erklären, weil die Pflanzen ohne Beizung und in Ackererde nahezu alle ausfielen, während in sterilem Sand gut die Hälfte durchkam.

3. Einfluß der Bodenfeuchte

Bekannt ist die Empfindlichkeit der Maispflanzen gegen hohe Bodenfeuchte und Staunässe. Solche Standorte hemmen die Keimung und das Jugendwachstum, weil dort niedrigere Bodentemperaturen und mangelnde Durchlüftung vorherrschen.

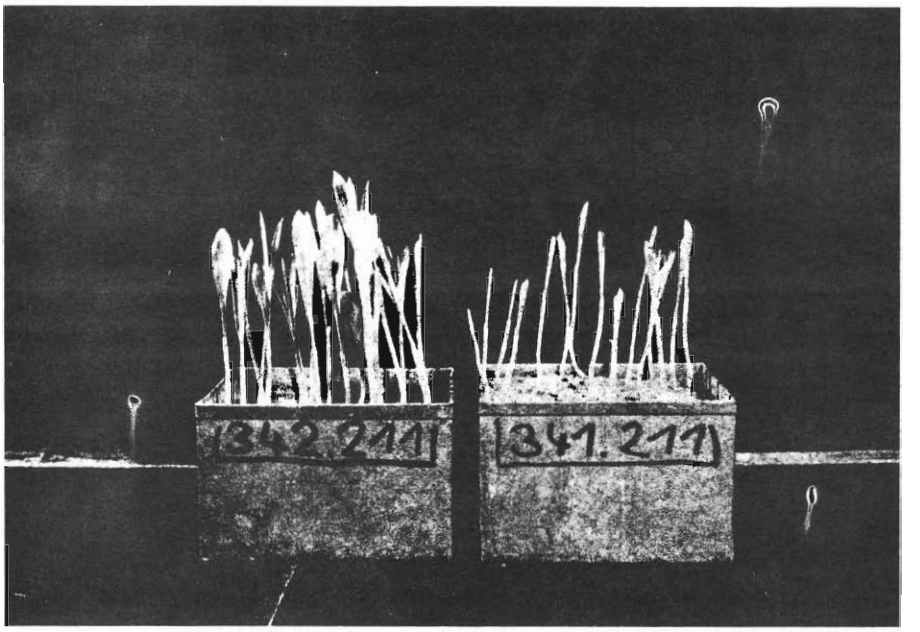


Abb. 14: Beispiel für den Einfluß der Bodenfeuchte. Links halbe Wassermenge, rechts gut gesättigt. Beide Töpfe mit Inra 200, 1-facher GA 69-Beize, 3 cm Saattiefe, Sandboden und kurzer Kälteperiode.

Dieser Faktor "Bodenfeuchte" wurde mit 2 Stufen in das Versuchsprogramm aufgenommen. Dazu wurde im Vorversuch die Bodenfeuchte ermittelt, die einem sehr nassen Boden im Frühjahr entsprach (ca. 80 % Feldkapazität), und der Boden

durch Nachgießen von destilliertem Wasser über die ganze Versuchsperiode bei dieser Feuchte gehalten. Die eine Hälfte der Töpfe bekam nur die halben Wassermengen, so daß sich dort wesentlich trockenere Verhältnisse einstellen konnten.

Bei allen 6 Merkmalen traten keine signifikanten Unterschiede auf. Lediglich bei Merkmal 6 "gekrümmte Pflanzen" liegt der Mittelwert für den nassen Boden um 3 % über dem der trockenen Töpfe (Sp. 12). Sehr hohe Bodenfeuchte fördert also das Auftreten von gekrümmten Pflanzen nur im geringen Umfang. Die Abb. 14 zeigt zwar einen großen Wachstumsunterschied zwischen den beiden Behandlungen, der aber bei den anderen Töpfen nicht in diesem Ausmaß festzustellen war.

4. Einfluß der Saattiefe

Bei der Saattiefe handelt es sich um einen Wachstumsfaktor, der nur selten optimal einzustellen ist. Einerseits muß mit einer größeren Saattiefe die kontinuierliche Wasserzufuhr gesichert werden. Andererseits sind die Wachstumsfaktoren Luft und Wärme mehr in den oberen Bodenschichten anzutreffen. Bei flacher Saat stehen daher dem Mais günstigere Auflaufbedingungen zur Verfügung, wenn nur die Wasserversorgung gewährleistet ist.

Das zeigte die Versuchsanstellung, bei der das Saatgut in 3 und in 6 cm Tiefe abgelegt wurde. Bei allen 6 Merkmalen war die flachere Saat hochsignifikant überlegen.

Beim Aufgang (Tabelle 2, Sp. 6) mit 77 zu 55 % wie bei der Zahl der gesunden Pflanzen in Sp. 8 mit 75 zu 52 % zeigten sich große Differenzen. Auch die Anteile an gekrümmten Pflanzen in Sp. 12 fallen besonders auf: 30 % der Pflanzen mit tiefer Kornablage waren verkrümmt gegenüber 9 % bei 3 cm Saattiefe. Das bestätigt die Angaben von ALDRICH/LENG (3), die als einzige Ursache für dieses Merkmal die Saattiefe nennen.

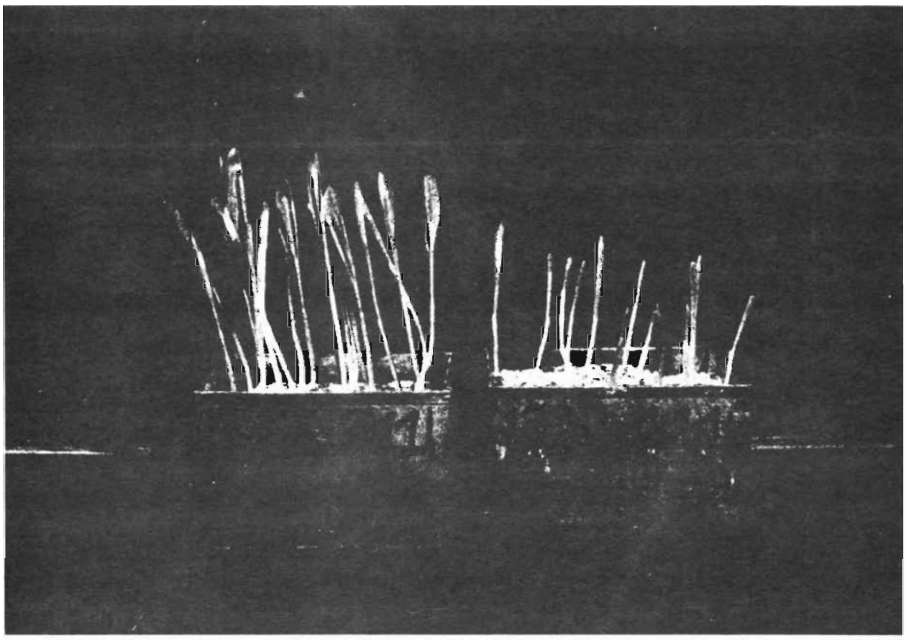


Abb. 15: Beispiel für den Einfluß der Saattiefe. Links 3 cm, rechts 6 cm. Beide Töpfe mit Topcross 70, 3-facher TMTD-Beize, halber Wassermenge, Sandboden und kurzer Kälteperiode.

Zu den hochsignifikanten Differenzen bei den Hauptwirkungen kommen noch zwei bemerkenswerte Wechselwirkungen. Bei der Bonitierung in Sp. 4 trägt die Wechselwirkung zwischen Bodenfeuchte und Saattiefe hochsignifikant zur Gesamtvarianz bei. Das kommt daher, daß nur bei diesem Merkmal das Kriterium "Entwicklungsstand" in die Beurteilung eingeht und die Pflanzen sich bei gut gesättigtem Boden und geringer Saattiefe schneller entwickeln konnten. Die hochsignifikante Wechselwirkung zwischen Saattiefe und Bodenart bei den Merkmalen 3 (aufgelaufene Pflanzen), 5 (tote Körner) und 6 (verklebte Blätter) geht aus dem großen Anteil an gekrümmten Pflanzen bei 6 cm Saattiefe und Sandboden hervor.

5. Einfluß der Bodenart

Zur Kennzeichnung der Einflüsse der Bodenart wurden 2 Extreme verwendet. Einmal der übliche Sand, der 60 Stunden bei

160 °C sterilisiert worden war; zumanderen Ackererde (sL) von einem Maisschlag aus einem Betrieb, der seit 10 Jahren 30 - 50 % Körnermais in der Fruchtfolge hatte.

Die Pflanzen in der Erde liefen schneller auf, was in den Differenzen bei der ersten Auszählung (Tab. 2, Sp. 3) und besonders stark bei der Bonitierung in Sp. 4 zum Ausdruck kommt, mit 3,3 zu 5,1 Punkten. Die Unterschiede in der Zahl der aufgelaufenen Pflanzen verwischen sich zwar bei der zweiten Auszählung in Sp. 6, trotzdem blieben die auf Sand gezogenen Pflanzen in der Entwicklung zurück.

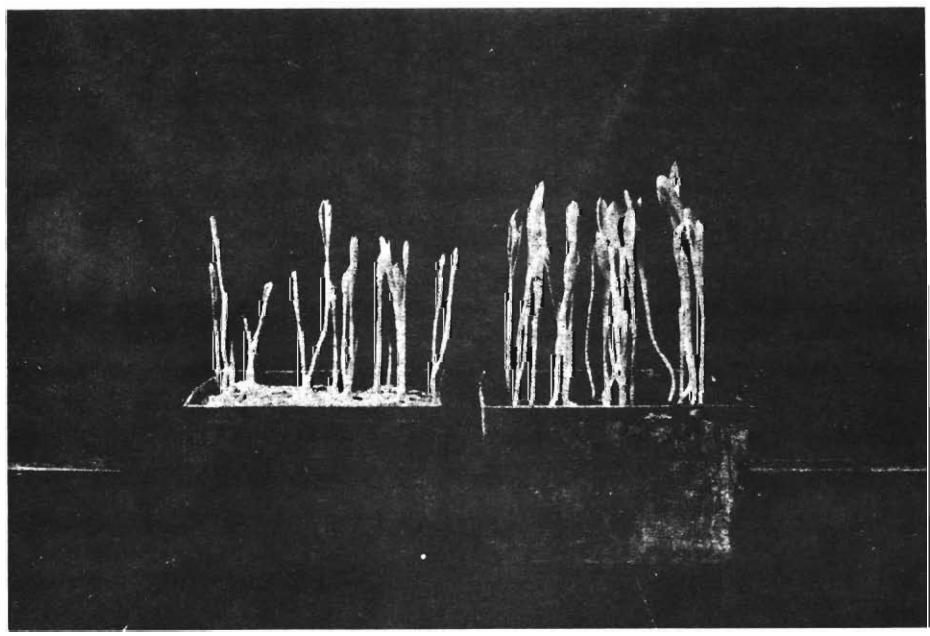


Abb. 16: Beispiel für den Einfluß der Bodenart. Links Sand, rechts Ackererde. Beide Töpfe mit Inra 200, 1-facher TMTD-Beize, gut gesättigt, 6 cm Saattiefe und kurzer Kälteperiode.

Sucht man nach Ursachen für die Verluste, dann fällt bei Sand der hohe Prozentsatz an gekrümmten Pflanzen (Tab. 2, Sp. 12) mit 27 % auf, während der Anteil an toten Körnern in Sp. 10 mit 10 % relativ gering bleibt. Bei der Ackererde waren die Verhältnisse gerade umgekehrt. 26 % der Körner

konnten sich dem Angriff der Mikroorganismen schon in einem frühen Stadium nicht entziehen und starben ab, während nur 11 % Wuchsstörungen aufwiesen. Ein Hinweis, daß hierin wenigstens zum Teil die Ursachen für die eigenartigen und in Abb. 7 - 10 gezeigten Schadbilder mit den verkrümmten Pflanzen zu suchen sind.

Beim F-Test fallen eine Reihe von Wechselwirkungen mit großer Signifikanz auf. Die große Wechselwirkung Beizung-Bodenart ist einleuchtend, da die Keimfreiheit des Sandes die Wirkung der Beizmittel gegen Schädlinge überflüssig machte. Da diese Wirkung bei den Merkmalen 1 - 5 hochsignifikant, bei den gekrümmten Pflanzen jedoch nicht einmal als Ansatz zu erkennen ist, liegt die Vermutung nahe, daß Bodenschädlinge als Ursache für Verkrümmungen auszuschließen sind. Diese Vermut ung wird auch von der großen Wechselwirkung Feuchte - Bodenart gestützt, die nur bei Merkmal 6 in dem Maße ausgeprägt ist.

6. Einfluß von verschieden langen Kälteperioden

Zur Prüfung dieses Faktors wurden zwei Stufen mit einer Lufttemperatur von 5°C und unterschiedlicher Dauer von 5 bzw. 10 Tagen in die Entwicklung der Maispflanzen eingeschaltet. Die Temperatur von 5°C wurde gewählt, weil hierbei die üblichen Maissorten das Wachstum einstellen. Solche Kälteperioden, die im April und Mai in Bayern regelmäßig auftreten, werden gemeinhin noch nicht als schädigend angesehen, während Temperaturen unter 0°C in ihrer Schadwirkung bekannt sind.

Bei der Auswertung zeigten sich bei allen Merkmalen einheitlich hochsignifikante Differenzen. Alle Töpfe brachten bei kurzer Kälteperiode erheblich bessere Ergebnisse. Aus den hohen Anteilen an toten Körnern (12 bzw. 23 % in Sp. 10) und an verkrümmten Pflanzen (21 bzw. 17 % in Sp. 12) läßt sich ableiten, daß auch relativ milde Kälteperioden einen negativen Einfluß auf die Maisentwicklung haben. Je-

der Kälteschock, der die keimenden Körner trifft, schädigt deren Entwicklung. Dauert die Kälteperiode nur kurz, gibt es später vermehrt "verkrümmte Pflanzen", dauert sie länger, dann sterben die Körner gleich ab.

Abb. 17: Beispiel für den Einfluß der Kälteperiode. Links 5 Tage Kälte, rechts 10 Tage Kälte. Beide Töpfe mit Inra 244, 1-facher TMTD-Beize, gut gesättigter Ackererde, 6 cm Saattiefe und 30 Tage nach der Saat.

TABELLE 2 WIRKUNG VERSCHIEDENER EINFLUSSGROESSEN AUF DAS FRUEHE MAISWACHSTUM

MITTEL DER HAUPTWIRKUNGEN, ABSOLUTE ZAHLEN UND RELATIVWERTE

FAKTOREN UND STUFEN	MERKMALE										
	1 AUFGEL.PFL. 1.AUSZAEHLNG		2 BONITUR	3 AUFGEL.PFL. 2.AUSZAEHLNG		4 NORMAL ENTW. PFLANZEN		5 TOTE KOERNER		6 GEKRUEMMTE PFLANZEN	
	o...2o	REL.	1...9	o...2o	REL.	o...2o	REL.	o...2o	REL.	o...2o	REL.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11	12
		**			**		**		**		
SORTEN INRA 244	9,9	5o	4,3	11,7	59	11,4	57	4,4	22	4,1	21
TOPCROSS 7o	11,3	57	4,2	13,6	68	13,1	66	3,3	17	3,6	18
INRA 2oo	11,9	6o	4,1	13,9	7o	13,4	67	2,8	14	3,7	19
		**			**		**		**		**
BEIZUNG OHNE	7,9	4o	4,3	9,1	46	8,8	44	9,1	46	2,1	11
EINFACH TMTD	13,9	7o	4,1	15,9	79	15,7	79	2,1	11	2,2	11
DREIFACH TMTD	15,o	75	3,7	16,2	81	16,o	8o	1,7	9	2,3	12
EINFACH GA 69	12,4	62	4,2	14,5	73	14,3	72	2,2	11	3,6	18
DREIFACH GA 69	6,1	31	4,7	9,7	49	8,4	42	2,6	13	9,o	45
											**
FEUCHTE GUT GESAETTIGT	1o,9	55	4,2	12,9	65	12,5	63	3,4	17	4,1	21
HALBE WASSERMENGE	11,2	56	4,2	13,2	66	12,8	64	3,7	19	3,5	18
		**	**		**		**				**
SAATTIEFE 6 CM	8,1	42	5,2	1o,9	55	1o,4	52	3,7	19	6,o	3o
3 CM	14,o	7o	3,3	15,3	77	14,9	75	3,4	17	1,7	9
		*	**						**		**
BODENART SAND STERIL	1o,5	53	5,1	13,3	67	12,7	64	1,9	1o	5,4	27
ACKERERDE	11,6	58	3,3	12,9	65	12,6	63	5,2	26	2,2	11
			**		**		**		**		**
KAELTEPERIODE 5 TAGE MIT 5 GRAD C	11,4	57	3,8	13,9	7o	13,3	67	2,4	12	4,2	21
1o TAGE	1o,4	54	4,6	12,3	62	12,o	6o	4,6	23	3,4	17

Zusammenfassung des mehrfaktoriellen Gefäßversuches

Beim Überblick über die Ergebnisse in Tab. 2 kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die flache Saat und reichliche TMTD - Beizung das Maiswachstum am besten sicherstellen konnten. Das Auftreten von Fehlstellen, die im Untersuchungsgebiet zum größeren Teil auf das Merkmal 6 "verkrümmte Pflanzen" zurückzuführen sind, wurde wesentlich bestimmt durch eine Überdosis des Beizmittels GA 69, tiefere Saat, sterilen Sand und durch die Einwirkung von Kälteperioden von 5 °C auf das frühere Keimwachstum.

Über die negative Wirkung der meisten Insektizide wie Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Lindan u.a. ist einiges bekannt : ALVENSLEBEN und EISELE (4) berichten über solche Veröffentlichungen. ALDRICH und LENG (3) geben für gekrümmte Pflanzen die Saattiefe als Ursache an und meinen damit 12 cm und tiefer. Deshalb überrascht es, wenn in diesem Versuch der gleiche Faktor schon mit 6 cm so stark zur Geltung kommt. Für die Praxis ergibt sich daraus die Forderung, so flach zu säen, wie es nur irgendwie vertretbar ist. Der für Auflaufen und Wachstumsgeschwindigkeit entscheidende Faktor ist die Temperatur. Sie entscheidet über Beginn und Erfolg der Keimstimmung am Anfang der Maisentwicklung. Da dieser Faktor im Untersuchungsgebiet in der Zeit vom 15. April bis 5. Mai immer im Minimum sein wird, ist auch immer mit größeren Aufgangsverlusten zu rechnen. Dieser Versuch mit definierten Faktoren konnte trotz der vergleichsweise milden Bedingungen ähnliche Werte erzielen, wie sie im freien Feld immer wieder beobachtet wurden, nämlich Aufgangszahlen von 55 - 81 % (Merkmal 3). Zur Minderung dieser Verluste kann die Saattechnik über eine Verbesserung der Temperaturverhältnisse im Saatbett und die flache Saatkornablage beitragen.

3.2 Bodenvorbereitung

3.2.1 Bodentemperaturverlauf im Damm und unter ebener Ackeroberfläche

Eine Möglichkeit zur Temperaturerhöhung in der obersten Bodenschicht ist die Formung der Bodenoberfläche zu Dämmen. Aus Untersuchungen von WEGER (104), LESSMANN (60), BURROWS (18) und LOVELY (62) ist der Einfluß der Exposition auf die Bodentemperaturen bekannt. Obwohl die zugestrahlte Wärmemenge die gleiche bleibt, stellen sich im Bereich von Dammkrone und der besonnten Seite wesentlich höhere Bodentemperaturen ein als auf und in ebenem Boden oder in Furchen. Die Höhe der Übertemperaturen ist eine Funktion der Strahlungsintensität und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens. Nach GUPALO (42) hängt der Mechanismus der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Boden vom Mechanismus der Wasserleitfähigkeit und dem Charakter der Wasserbindung im Boden ab. Zwar erfolgt in feuchterem Boden der Temperaturausgleich schneller, jedoch wird sich dieser aufgrund der höheren Wärmekapazität nicht so rasch erwärmen wie ein trockener Boden.

Beispiele für den Temperaturgang in verschiedenen Bodenausformungen gibt Abb. 18 wieder. Danach liegen die Bodentemperaturen der konvexen Formen Kegel, Damm und Wall zwischen 10 und 20 Uhr erheblich über denjenigen der Ebene und der Furche. In den Nacht- und frühen Morgenstunden kehren sich die Verhältnisse um, allerdings mit wesentlich geringerer Amplitudendifferenz.

Über die Temperaturverteilung im Dammprofil gibt LESSMANN (60) Auskunft, der seine Messungen an strahlungsreichen Augusttagen machte. Die Abb. 19 zeigt den Verlauf der Isothermen in Dämmen mit 13 - 15 cm Kammhöhe, 45° Hangneigung und 26 - 30 cm Reihenabstand. 20 Minuten nach Sonnenaufgang ist der oberste Teil des Damms naturgemäß am kältesten. Um 9.30 Uhr ist der sonnenbeschienene Osthang unter der Oberfläche bis über 30°C angewärmt, während im Westteil noch die Nacht-

kälte sitzt. Am Nachmittag erreichen Dammkrone und Westseite die maximale Differenz zur Temperatur in der Ebene.

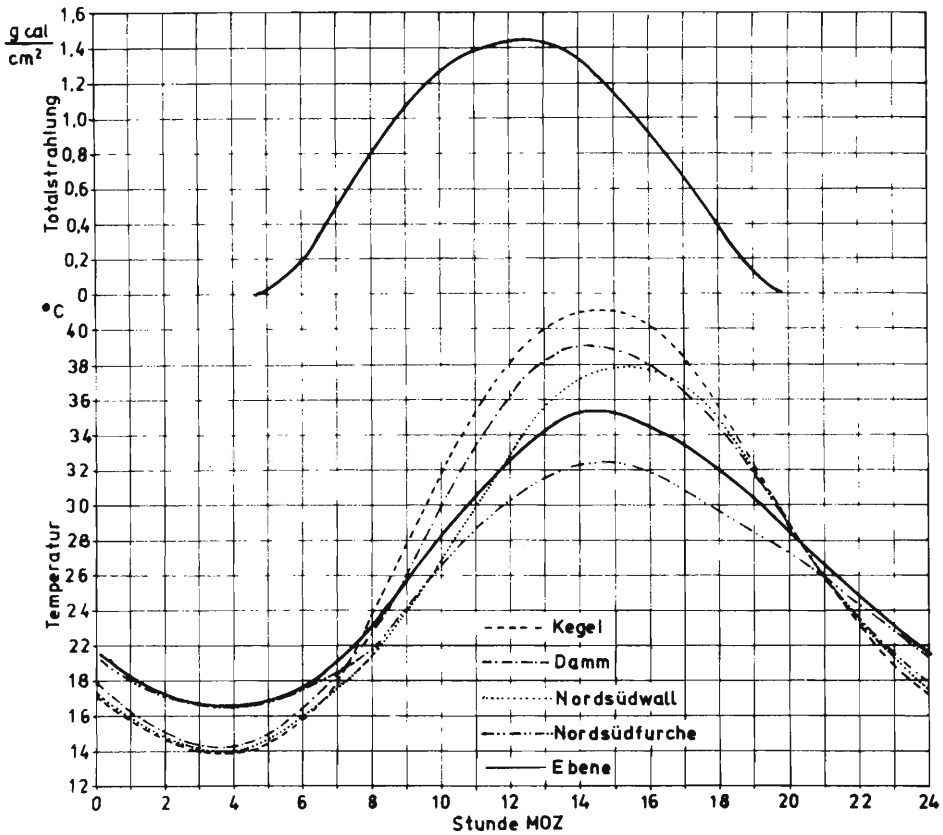


Abb. 18: Gang der Totalstrahlung und der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe bei verschiedenen Bodenausformungen (WEGER)

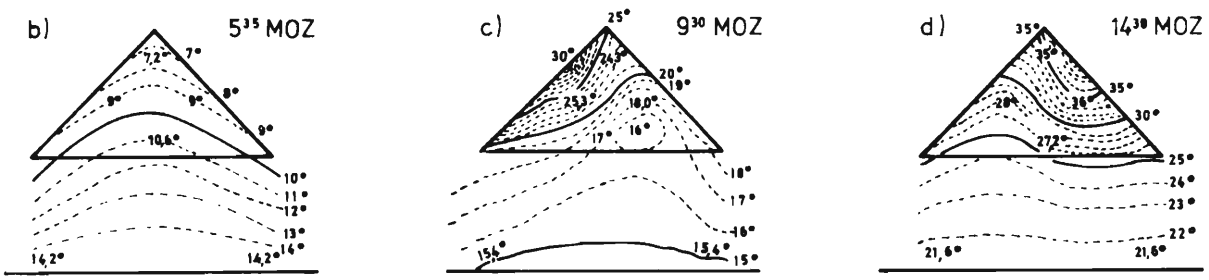


Abb. 19: Temperaturen in N-S laufenden Dämmen (LESSMANN (60))

WEGER und BURROWS untersuchten auch den Einfluß der Himmelsrichtung. Danach zeigte der Damm in N-S-Richtung den größten Wärmegewinn in der Dammkrone. Die Spitzentemperaturen brachten allerdings die E-W-Dämme in der kurzen Zeitspanne zwischen 13 und 15 Uhr.

Da diese Untersuchungen unter Strahlungsbedingungen stattfanden, die mit denen im Untersuchungsgebiet zur Saatzeit nicht zu vergleichen sind (LESSMANN: August, WEGER: Juli/August, BURROWS: Mai/Juni), wurden 1966 und 1967 in Weihenstephan eigene Messungen durchgeführt, um verläßliche Angaben über die hier herrschenden Temperaturverhältnisse im April und Mai zu bekommen.

Zu diesem Zweck wurden auf einer Parzelle mit 400 m^2 inmitten eines nicht windgeschützten Ackers Dämme im Abstand von 75 cm gezogen. Das Profil glich etwa einer Sinuslinie. Die Dammkronen lagen 25 cm über den Furchensohlen und ca. 15 cm über ebenem Boden. Die Bodenvorbereitung auf den ebenen, wie auf den ausgeformten Teilstücken erfolgte mit einer Ackerfräse mit untergebauten Bodenleitblechen (Abb. 58 in Abschnitt 4.3.3). Zwei Wochen nach der Bearbeitung wurde mit der Temperaturmessung begonnen zu einem Zeitpunkt, zu dem auch die Zeitspanne für die Maissaat beginnt, also um den 15. April. Die Temperaturen wurden vier Wochen lang kontinuierlich registriert, um eine Information über den Zeitraum zu erhalten, in dem die Maisentwicklung sehr stark von der Bodentemperatur abhängt.

Zur Messung wurden Mantelthermoelemente mit 1 mm Ø verwendet, um den Einfluß der Wärmestrahlung gering zu halten. Nach Messungen von VAN EIMERN in Weihenstephan ist nämlich auch in 10 cm Bodentiefe noch mit einer Verfälschung der Messung zu rechnen, wenn Quecksilber- oder Widerstandsthermometer mit ihren großen Abmessungen verwendet werden. Dieser Nachteil haftet den Messungen von WEGER und LESSMANN an. Um in dieser Hinsicht die natürlichen Verhältnisse zu treffen, wurden die Thermoelemente in naßgebeizte Maiskör-

ner gesteckt, die dann mit der Pinzette in 6 cm Bodentiefe abgelegt wurden. Temperaturmessungen mit Thermoelementen weisen im Normalfall Fehler von ± 2 grd und eine Reproduzierbarkeit von ± 0,2 grd auf. Um eine höhere Genauigkeit zu erreichen, wurden die gealterten Thermoelemente einzeln kalibriert. Bei der Auswertung mit dem Digitalrechner wurden dann alle Meßwerte nach den Kalibriertabellen korrigiert; dadurch war es möglich, den Fehler auf ± 0,2 grd herabzudrücken. Zur statistischen Absicherung wurde die Parzelle in zwei Blöcke mit je zwei Teilstücken geteilt,auf denen die Temperaturmeßstellen zufallsgemäß angeordnet wurden.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt. In beiden Jahren ergaben sich ähnliche Werte, die statistisch sehr gut abgesichert sind. Die Temperaturmittel in ebenem Boden und im Damm liegen danach mit 0,3 bzw. 0,38 grd Differenz sehr nahe beisammen. Das kommt daher, daß im Gegensatz zu den Messungen von WEGER und LESSMANN auch in Schlechtwetterperioden gemessen wurde, wo sich wegen diffuser Strahlungsverhältnisse keine Temperaturdifferenzen ausbilden können. (Zum Vergleich die Lufttemperaturen in Abb. 20). Darüber hinaus kehrt sich das Temperaturbild in Schlechtwetterperioden und besonders in strahlungsreichen Nächten leicht ins Gegenteil um, d.h. daß im Damm geringfügig tiefere Temperaturen gemessen werden als in der Ebene. So lag die Temperatur am 11. 5.1966 im Damm um 15.oo Uhr mit 37,2 °C um 5,2 grd über der im ebenen Boden. In der darauffolgenden klaren Nacht lag sie dagegen etwa 6 Stunden lang darunter mit einem Minimum um 5.00 Uhr mit 0,75 grd Differenz. In Schlechtwetterperioden erfolgt die erhöhte Wärmeabgabe der Dämme durch Konvektion an die bewegte Luft und in klaren Nächten durch Abstrahlung. Allgemein kann man sagen, daß die Temperaturen im genannten Zeitraum an strahlungsreichen Tagen im Damm um 2 - 5 grd höher steigen als in der Ebene, während sie in wolkenverhangenen Schlechtwetterperioden und

TABELLE 3 ERGEBNISSE DER BODENTEMPERATURMESSUNGEN

IN EBENEM BODEN UND IN DAEMMEN

V I E H H A U S E N VOM 15.4.BIS 18.5.1966 BODENFEUCHTE 20,4 +/-1,6 GEWICHTSPROZENT	EBENER BODEN GRAD C	E-W-DAEMME GRAD C	DIFFERENZEN GRAD C	GRENZDIFFERENZEN GD 1 o/o GRAD C
1	2	3	4	5
MITTEL DER TEMPERATUREN	11,71	12,00	0,30	
MITTLERE STREUUNG	0,48	0,29		
MAXIMUM AM 17.5. 15.00	24,5	27,1	2,6 **	1,2
MINIMUM AM 22.4. 6.00	2,1	1,2	0,9 **	0,8
WAERMESUMME IN GRADSTUNDEN	8089	8295	206 - -REL. 2,5 o/o	
WAERMESUMME (WERTE UEBER 5 GRD)	8022	8190	168 - -REL. 2,1 o/o	
D U E R M A S T VOM 17.4. BIS 17.5.1967 BODENFEUCHTE 18,0 +/-1,8 GEWICHTSPROZENT		N-S-DAEMME		
MITTEL DER TEMPERATUREN	12,03	12,41	0,38	
MITTLERE STREUUNG	0,64	0,60		
MAXIMUM AM 11.5. 15.00	32,0	37,2	5,2 **	3,1
MINIMUM AM 25.4. 6.00	0,5	0,2	0,3 *	0,3
WAERMESUMME IN GRADSTUNDEN	8948	9231	283 - -REL. 3,2 o/o	
WAERMESUMME (WERTE UEBER 5 GRD)	8522	8833	311 - -REL. 3,6 o/o	

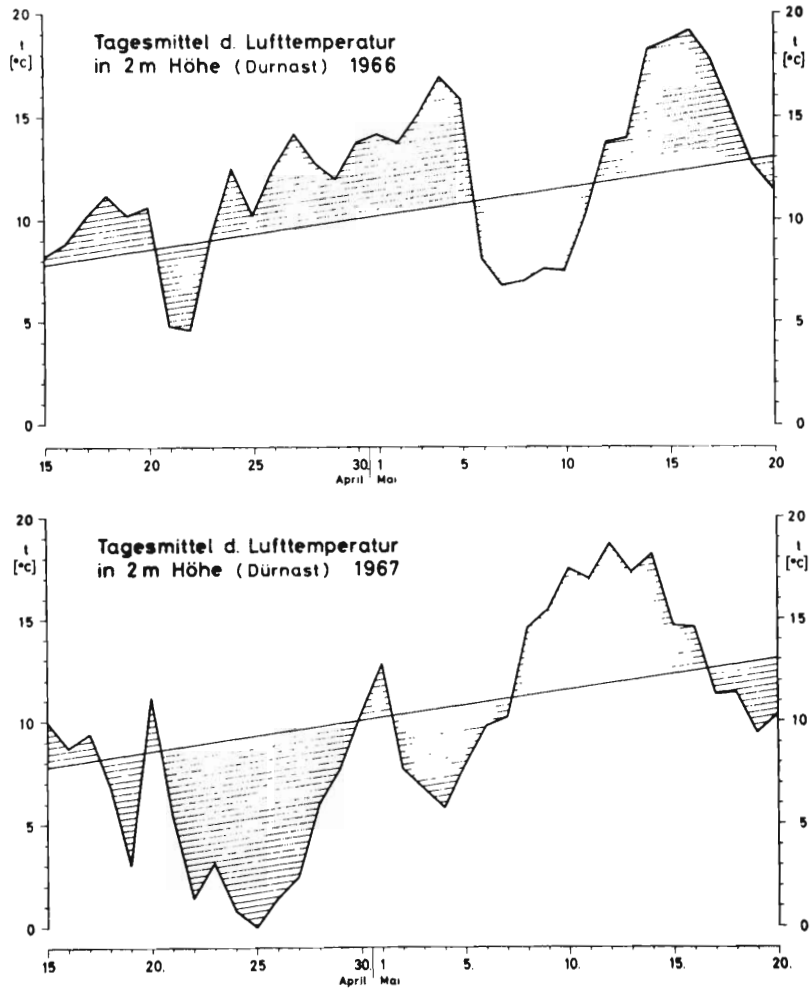
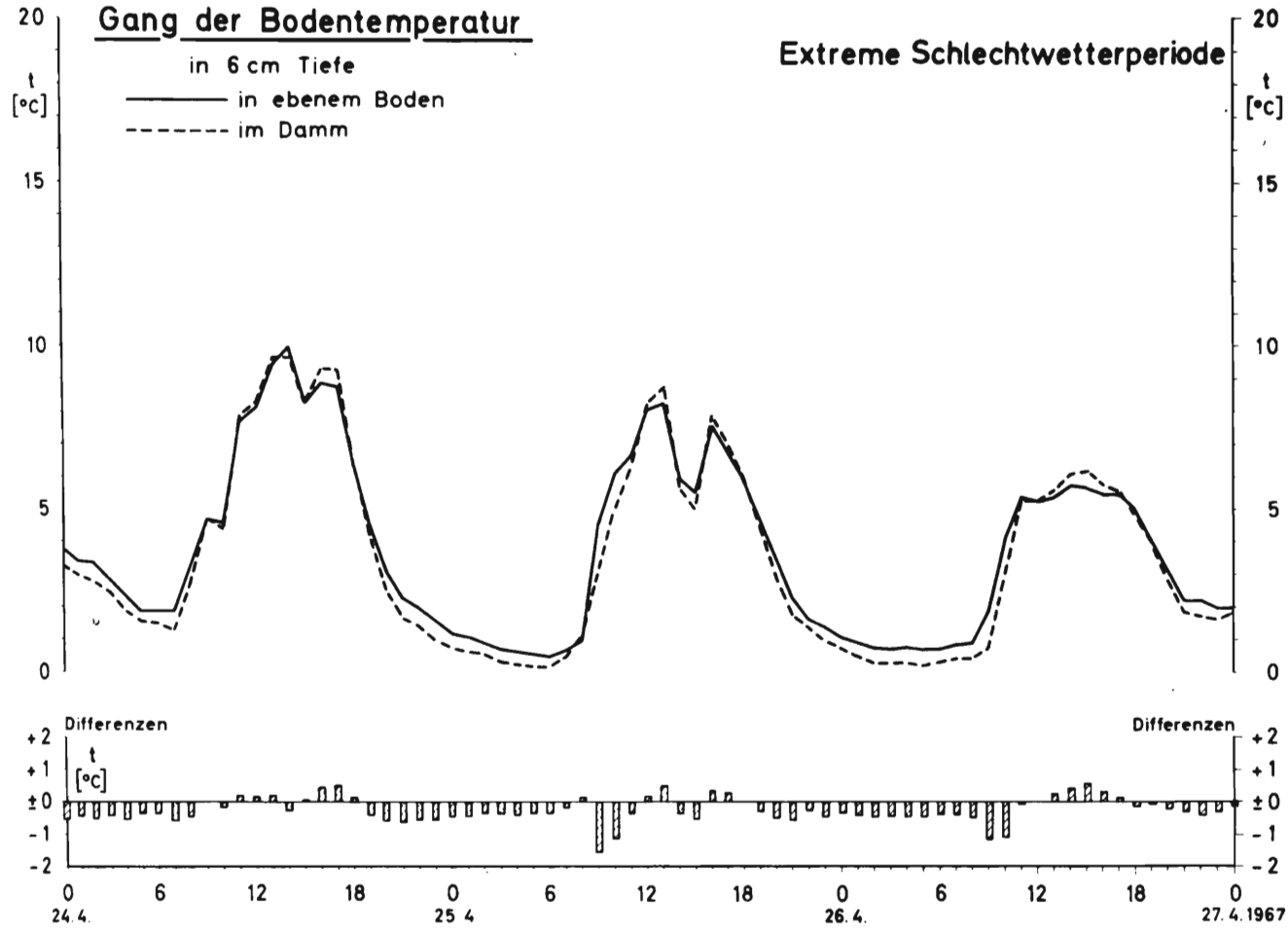
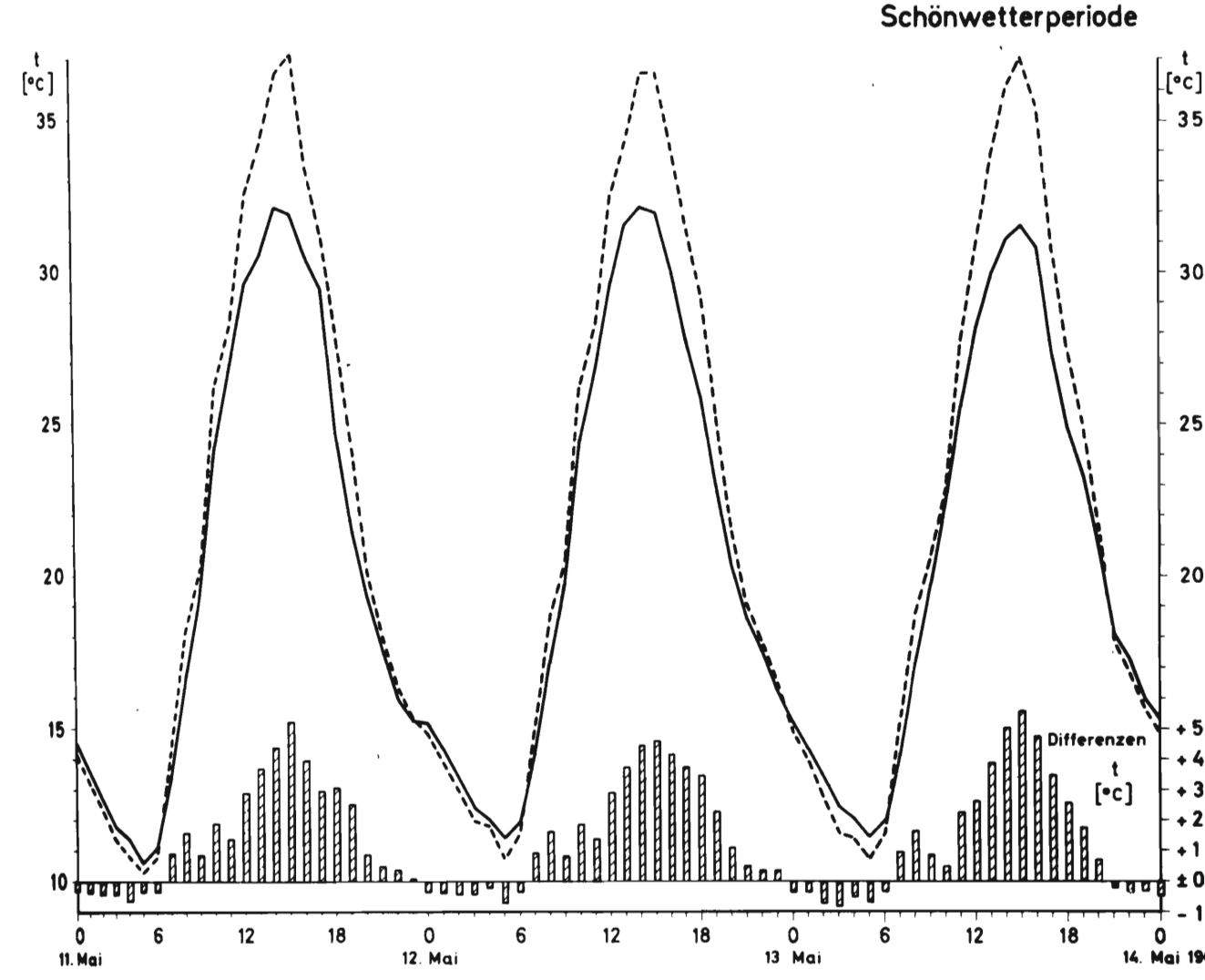


Abb. 20: Verlauf der Lufttemperaturen während der Meßperioden

in kalten Strahlungsnächten bis zu 1 grd unter denen im ebenen Boden liegen. Die Verhältnisse von zwei typischen Witterungsperioden sind in Abb. 21 dargestellt. Für eine zahlenmäßige Bewertung des Wärmegewinns für die Maispflanzen kann nach WEGER die Summe in Gradstunden herangezogen werden, die sich aus der Addition der stündlichen Temperaturmeßwerte ergibt. Danach bezog der Damm einen Wärmegewinn von 2,5 % (1966) bzw. 3,2 % (1967). Ähnliche Werte, nämlich 2,1 % bzw. 3,6 % ließen sich aus den Temperaturwerten über 5°C erreichen, also aus den Werten, bei denen ein Maiswachstum stattfinden kann.


Gang der Bodentemperatur
in 6 cm Tiefe
in ebenem Boden
im Damm
Extreme Schlechtwetterperiode
t [°C]
20
15
10
5
0
Differenzen
t [°C]
+2
+1
±0
-1
-2
0
6
12
18
24.4.
25 4
26.4.
27.4.1967


Schönwetterperiode
t [°C]
35
30
25
20
15
10
Differenzen
t [°C]
+5
+4
+3
+2
+1
±0
-1
0
6
12
18
11. Mai
12. Mai
13 Mai
14. Mai 1967

Obwohl der hiermit für den Damm nachgewiesene Wärmegewinn zunächst ganz beachtlich erscheint angesichts der Tatsache, daß der keimende Mais in diesem Zeitraum mit dem Existenzminimum auskommen muß, bleibt doch unsicher, ob er solche Chancen auch nutzen kann. Die höheren Temperaturen kommen immer nur in Abschnitten von 7 - 10 h Dauer vor und setzen während Schlechtwetterperioden ganz aus. Der Mais im Damm ist einem größeren Temperaturwechsel ausgesetzt als der im ebenen Boden. Seine Herkunft aus den Hochlagen Mittelamerikas, wo der Temperaturgang wesentlich größere Amplituden erreicht, läßt jedoch eine große Toleranz in dieser Hinsicht erwarten. Es bleibt deshalb zu prüfen, wie die Pflanzen auf Bodentemperaturverbesserungen in dem hier aufgezeigten Rahmen reagieren.

3.2.2 Wirkung der Oberflächengestaltung - Ebene, Damm, Furche - auf das Maiswachstum

Aus der Literatur sind verschiedene Beispiele der Profilierung der Ackeroberfläche zur Maissaat bekannt. (8, 12, 17, 26, 47, 56, 62, 66, 95, 98, 103.) Danach wird mit der Profilierung nicht nur das Wärmeangebot für die keimenden Pflanzen verändert, sondern auch eine tiefgreifende Änderung der Wasser- und Luftverhältnisse erzielt. Von den Verfassern werden als Vorteile der Dammsaat die Erosionseinschränkung, höhere Bodentemperaturen, bessere Wasserverteilung und N-Verfügbarkeit herausgestellt.

Für eine Furchensaat sprechen in Trockengebieten wie Bulgarien, Ukraine und Cornbelt die bessere Wasserhaltung und die verminderte Erosion gegenüber ebenem Boden. Die Temperaturdepression in der Furche ist bei dem dort vorherrschenden hohen Temperaturniveau ohne Bedeutung. Zu beiden Verfahren wird vereinzelt von Mehrerträgen gegenüber ebenem Anbau berichtet.

Um die Frage zu beantworten, ob eine Profilierung der Ackeroberfläche das Pflanzenwachstum und die Erträge auch unter den Anbauverhältnissen in Bayern verbessern kann, wurden in den Jahren 1966 und 1967 Vergleichsversuche durchgeführt. Denn im Untersuchungsgebiet kommt den Faktoren Bodentemperatur und Wasserverteilung besondere Bedeutung zu, weil die hohen Winterniederschläge auf allen Standorten zur Saatzeit ungünstige Verhältnisse schaffen. Aufgrund der hohen Krumenfeuchte erreicht die Bodentemperatur erst lange nach dem Saattermin das optimale Niveau. Zum Vergleich kam der Maisanbau auf ebenem Acker und in Dämmen. Auch die Furchensaat wurde miteinbezogen, weil davon auf leichteren Böden Nordbayerns Vorteile zur Zeit der Frühsommertrockenheit im Juni zu erwarten waren.

Um Versuche mit Damm- bzw. Furchenkulturen anstellen zu können, mußten zunächst entsprechende Geräte zusammenge-

stellt bzw. entwickelt werden, die Bodenvorbereitung und Saat in einem Arbeitsgang ausführen konnten. Dabei machte es zunächst Schwierigkeiten, die gewünschten Dämme bzw. Furchen zu ziehen. Die üblichen Häufelkörper oder Hohlscheiben hinterlassen nämlich besonders bei nasser Unterkrume ein völlig unbrauchbares Maissaatbett. In Vorversuchen konnte 1966 die Ausrüstung soweit verbessert werden, daß sich brauchbare Ergebnisse erzielen ließen. 1967 wurde dann in einem exakten Versuch die Frage geprüft, welchen Einfluß die Saat in ebenem Boden, in Dämmen bzw. in Furchen auf den Ertrag nimmt. Dazu wurden auf neun Betrieben unter praxisnahen Bedingungen je etwa 1 ha Mais gesät. Sieben der Versuche waren auszuwerten, die anderen fielen betrieblichen Schwierigkeiten zum Opfer. Alle Flächen waren im Herbst oder Winter gepflügt und vor der Saat mit Mineraldünger und einer breitflächigen Bodenbearbeitung versehen worden.

Zum Einsatz kamen drei verschiedene Gerätekombinationen:

1. ein 4-reihiges Anbau-Sägerät; bei diesem Gerät konnten vor 2 Aggregaten Häufelkörper zur Dammformung montiert werden (Abb. 22);

2. eine Bodenfräse mit Packern und 2 Säaggregaten; die Fräse konnte sowohl ein ebenes Saatbett als auch Dämme formen (Abb. 23);

3. ein 4-reihiges angehängtes Sägerät; bei diesem Gerät waren Hohlscheiben zur Räumung der Furchen anzubringen, so daß in ebenes Saatbett wie auch in Furchen gesät werden konnte (Abb. 24).

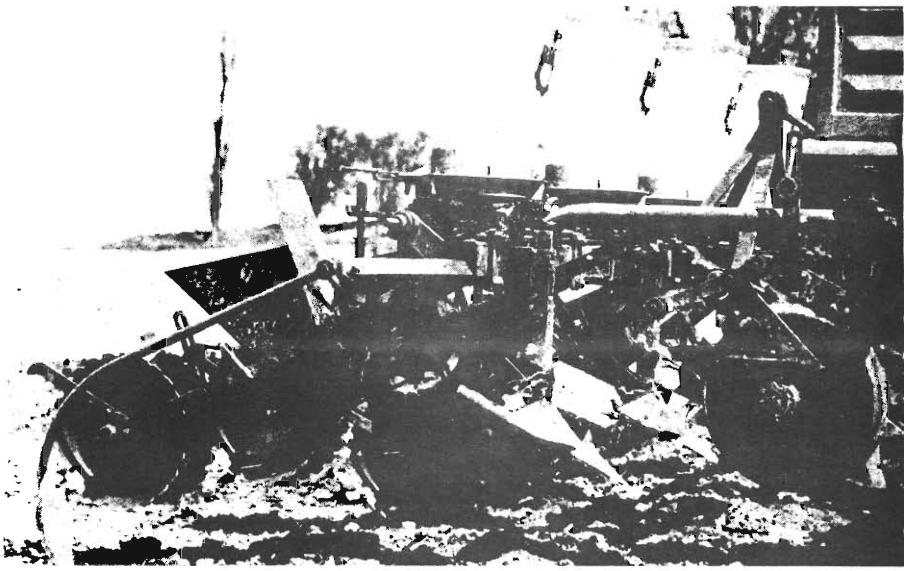


Abb. 22: Gerät 1 für ebene Saat und Dammsaat

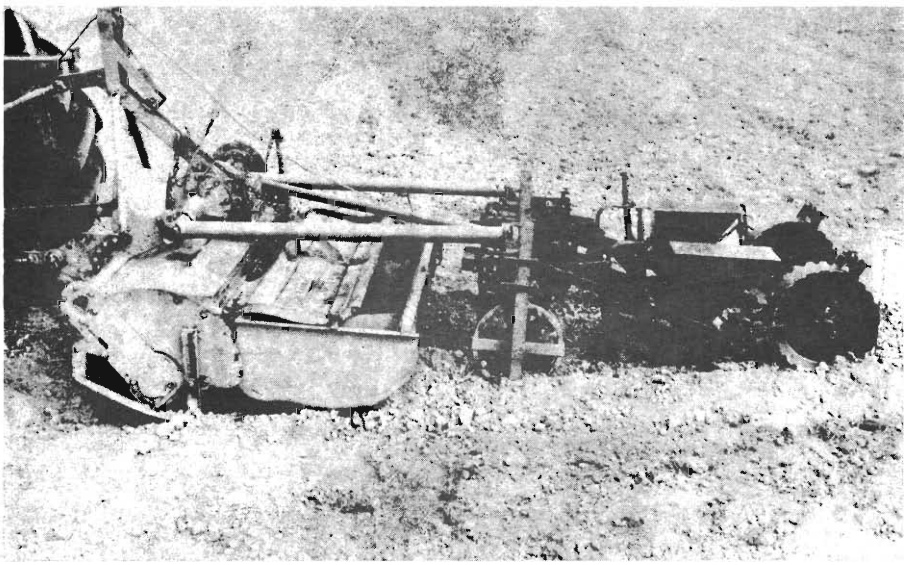


Abb. 23: Gerät 2 für ebene Saat und Dammsaat

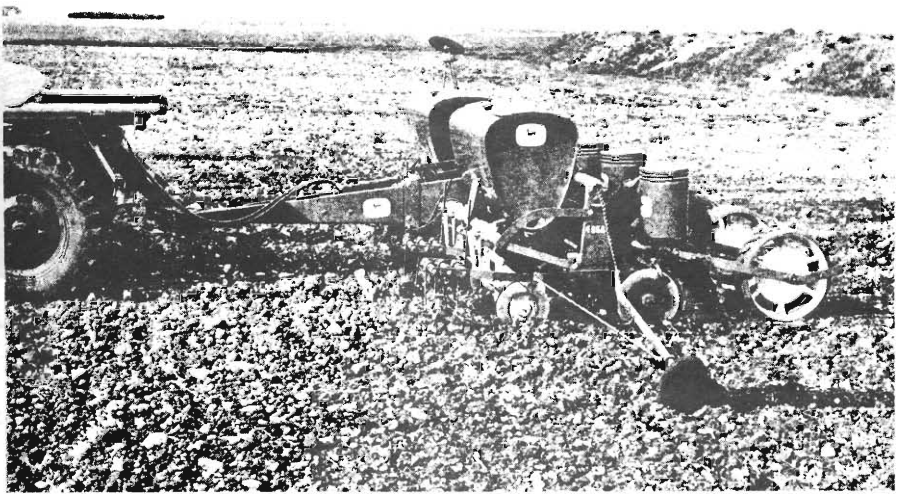


Abb. 24: Gerät 3 für ebene Saat und Furchensaat

Die Dämme wurden so hoch geschüttet, daß die Kämme nach dem Absetzen etwa 20 cm über den Furchensohlen lagen (Abb. 25). Die Furchen wurden nur ca. 10 cm tief gezogen. Bei größerer Tiefe hätten die Werkzeuge den feuchten Boden zu stark aufgerissen und verschmiert (Abb. 26).

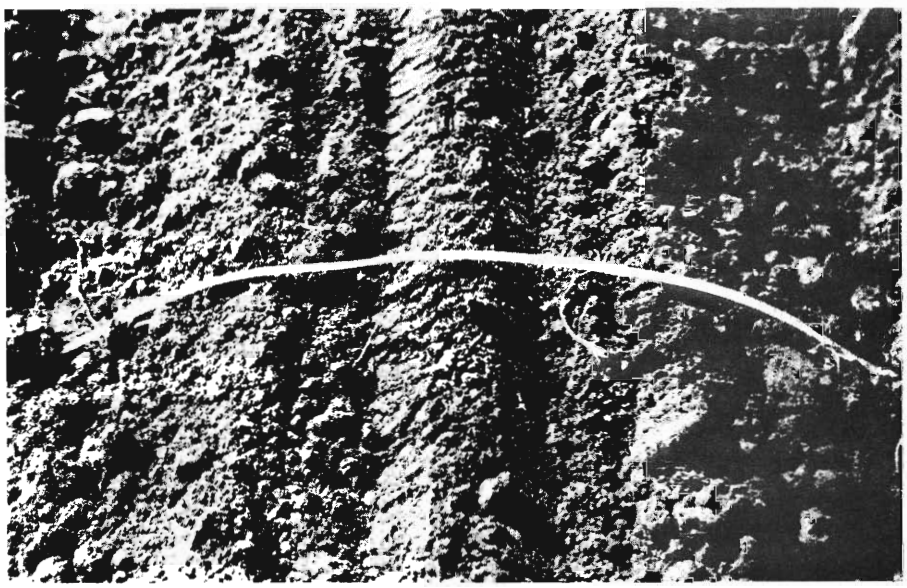


Abb. 25: Typischer Damm nach der Gerätekombination 2

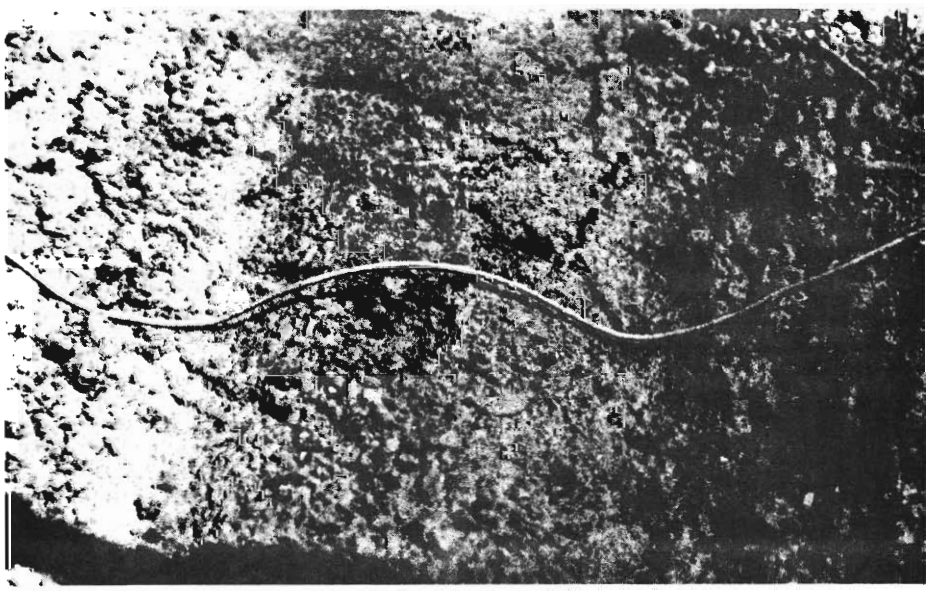


Abb. 26: Typische Furche nach der Gerätekombination 3

Die Saattiefe wurde im Damm und im ebenen Saatbett auf 8 cm eingestellt, während die Körner in den Furchen nur flach (3 cm) abgelegt wurden, um einen ausreichenden Gasaustausch zu ermöglichen. Bei Nachmessungen 4 Wochen nach der Saat lagen die Körner im Damm und ebenem Boden in 4 - 6 cm Tiefe, während sie in den Furchen bei 3 cm geblieben waren. Mit den drei Sägeräten wurde je eine Feldlänge mit 1,4 - 1,6 m/s gefahren. Da bei den verschiedenen Behandlungen nicht mit gleichen Schlupfverhältnissen und daher gleichen Pflanzenzahlen gerechnet werden konnte, wurde die Saatstärke um 20 % höher gewählt als ortsüblich. Zwei Wochen nach dem Auflaufen wurden dann die Pflanzenzahlen mit der Hand auf konstante Verhältnisse vereinzelt. Ohne diese korrigierende Maßnahme hätten die Unterschiede in den Pflanzenzahlen die Ergebnisse stärker beeinflußt als die eigentlichen Behandlungen.

Zur Beurteilung der Versuche wurden aus den Flächen jeweils 4 Blöcke mit je 8 Teilstücken von 40 m^2 herangezogen. Von jedem Teilstück wurde der Ertrag und die Kornfeuchte ermittelt. Da sich bei den Kornfeuchten keine signifikanten Unterschiede zeigten, sind in Tabelle 4 nur die Erträge in dz pro ha, basierend auf 14 % Feuchte, aufgeführt sowie die Relativzahlen der Erträge und die Variationskoeffizienten.

Die Zahlen in der letzten Zeile zeigen, daß insgesamt keine signifikanten Differenzen zwischen den Behandlungen aufgetreten sind. Trotzdem ist eine standortbezogene Interpretation der Einzelergebnisse aufschlußreich, da hierbei beträchtliche Unterschiede nachzuweisen sind. Die Ergebnisse der Behandlung <u>ebenes Saatbett</u> wurden für jedes Gerät einzeln aufgeführt (Tabelle 4, Spalte 2, 3, 4), weil die drei Geräte sich grundlegend in der Art der Einwirkung auf den Boden unterschieden haben. Gerät 1 wirkte relativ wenig auf den Boden ein. Die Fräse als Gerät 2 sorgte mit ihrer hohen Schnittgeschwindigkeit für eine starke Lockerung und Zerkleinerung des Bodens. Das 3. Gerät zeichnete sich gegenüber den anderen durch sehr hohe Druckrollenkräfte aus. Dieser größeren Bodenverdichtung über der Pflanzenreihe dürfte

TABELLE 4 EINFLUSS DER OBERFLAECHENGESTALTUNG AUF DIE ERTRAEGE IN DT/HA MIT RELATIVZAHLEN UND VARIATIONSKOEFFIZIENTEN IN o/o

VERSUCHSORT	EBENER BODEN			DAEMME		FURCHEN	MITTEL JE VERSUCHSORT
	NORMALSAAT GERAET 1	FRAESSAAT GERAET 2	NORMALSAAT GERAET 3	M.HAEUFLER GERAET 1	FRAESSAAT GERAET 2	MIT HOHL-SCHEIBEN GERAET 3	
1	2	3	4	5	6	7	1o
2 DAECHHEIM	7o,o1 1oo,5 7,5	69,12 99,3 1,7	76,44 1o9,8 8,6	64,33 92,5 7,5	7o,6o 1o1,5 4,4	67,6o 97,o 3,6	69,63 1oo,o
4 GONNERSDORF	38,44 84,3 6,8	46,48 1o2,o 6,o	56,33 123,5 5,1	34,15 75,o 4,o	42,94 94,3 3,6	55,o8 12o,8 5,6	45,57 1oo,o
7 MAKOFEN	73,64 1o3,3 5,9	71,25 1oo,3 4,6	64,24 9o,3 6,3	74,92 1o5,3 1o,1	72,22 1o1,8 7,4	7o,34 98,8 5,7	71,1o 1oo,o
9 FUCHSGRUB	67,78 1oo,3 5,7	61,71 91,3 6,2	73,37 1o8,8 5,6	64,43 95,35 o,5	69,38 1o2,5 5,8	68,69 1o1,5 7,3	67,56 1oo,o
1o DUERNAST	65,96 1o2,8 5,7	63,95 99,3 5,3	64,18 99,8 4,1	63,83 99,3 3,3	67,56 1o5,o 6,1	6o,59 94,3 3,3	64,35 1oo,o
12 SCHOENBERG	56,56 98,4 1,9	58,54 1o1,8 3,1	57,85 1oo,6 5,6	54,17 94,3 7,5	63,12 1o9,8 6,6	54,7o 95,1 8,o	57,49 1oo,o
14 HONSOLGEN	56,81 1o4,5 7,6	52,26 96,1 5,1	55,27 1o1,7 5,o	46,84 86,2 1o,2	6o,31 11o,9 8,4	54,62 1oo,5 5,o	54,35 1oo,o
MITTEL JE BEHANDLUNG	61,31 99,8	6o,47 98,4	63,95 1o4,1	57,52 93,6	63,73 1o3,7	61,66 1oo,4	61,44 1oo,o

die mittlere Ertragsüberlegenheit zuzuschreiben sein, die besonders auf den Standorten 2 und 4 auffällt, Standorten, die im Frühsommer großer Trockenheit ausgesetzt waren. Die Bedeutung dieser Keimbettverdichtung wird im folgenden Kapitel 3.2.3 behandelt.

Die Behandlung mit der Dammsaat zeigt krasse Unterschiede zwischen Gerät 1 und der Frässaat, weil es nicht gelang, den Boden nach den Häufelkörpern genügend zu verdichten. Die deutlich schlechteren Ergebnisse von Gerät 1 decken das Hauptproblem bei der Dammsaat auf: die mangelnde Bodenverdichtung. Diese konnte trotz umfangreicher Vorbereitungen und der optimalen Wahl der Häufelkörper nicht erreicht werden. Ganz anders bei Gerät 2; hier sorgten schwere Packer nach der Fräse für eine kompakte Unterkrume. Daher liegen die Erträge der Frässaat leicht über dem Mittel. Bemerkenswert und einigermaßen gesichert sind die überdurchschnittlichen Erträge auf den niederschlagsreichen Standorten 12 und 14. Die einzige Abweichung nach unten weist Betrieb 4 auf, wo der von der Trockenheit bedrohte Sandboden kein anderes Ergebnis erwarten ließ.

Die Furchensaat brachte im allgemeinen leichte Ertragsdepressionen. Lediglich auf Betrieb 4 konnte die Furche dem Mais eine kontinuierliche Wasserversorgung garantieren und lieferte mit einem Relativertrag von 120,8 % ein deutliches Ergebnis.

Insgesamt hat der Versuch die Erwartungen bestätigt. Der stark ausgeformte Damm bringt bei hohen Niederschlägen und hoher Bodenfeuchte einen merkbaren Gewinn. Voraussetzung ist allerdings eine genügend starke Verdichtung des Bodens, die eine besondere Gerätetechnik verlangt (siehe Abschnitt 4.3.3). Unter mittleren und guten Standortverhältnissen rechtfertigt der Damm den Mehraufwand an maschineller Ausrüstung nicht. Die Furchensaat ist nur dort zu vertreten, wo längere Trockenperioden die Maisentwicklung beeinträchtigen. Dort ist sie ein sicheres Mittel, um die Wasserver-

sorgung der Pflanzen zu verbessern. Auf allen anderen Standorten hindert sie den Mais an einem raschen Start.

3.2.3 Verdichtung des Keimbettes

Die Versorgung keimender Maispflanzen mit den wichtigsten Einflußfaktoren Wasser, Luft und Wärme hängt stark von dem Bodengefüge um die Saatkörner ab. Alle drei Faktoren beeinflussen sich gegenseitig.

Ein hoher Wassergehalt oder ein gutes Wasserlieferungsvermögen des Bodens beschleunigen die Quellung des Keimlings, erleichtern das Durchstoßen auf zur Verhärtung neigenden Böden, sorgen für schnellen Temperaturausgleich im Boden und dämpfen die täglichen Temperaturschwankungen. Das hat den Vorteil, daß kurze Kälteperioden sich nicht so rasch negativ auswirken können. Andererseits beeinträchtigt ein hoher Wassergehalt den Gausaustausch und verhindert eine rasche Bodenerwärmung.

Ein hoher Anteil an Luftporenvolumen, d.h. ein lockerer Boden fördert den Gasaustausch des Keimlings und die Abtrocknung und Erwärmung der oberen Bodenschicht. Er führt aber in Schönwetterperioden sehr schnell zu Unterbrechung der Wasserzufuhr zum Korn. Vielfach sterben dann die Primärwurzeln ab, und der Maiskeimling kann erst einige Tage später nach Ausbildung neuer Wurzeln weiterwachsen.

Jede Bodenbearbeitung im Frühjahr hat daher zum Ziel, einen Kompromiß zwischen Bodenverdichtung und Lockerung zu treffen, der für die Maisentwicklung am günstigsten ist. Da die Höhe und Verteilung der Niederschläge in den meisten Fällen nicht voraussehbar ist, wird man nur selten das Optimum treffen. Neben den breitflächig wirkenden Arbeitsgängen mit Eggen, Grubbern, Kombinationen und anderen, die der Saat vorausgehen, wird das Bodengefüge um das Korn aber auch von den Werkzeugen am Sägerät beeinflußt (Abb. 27).

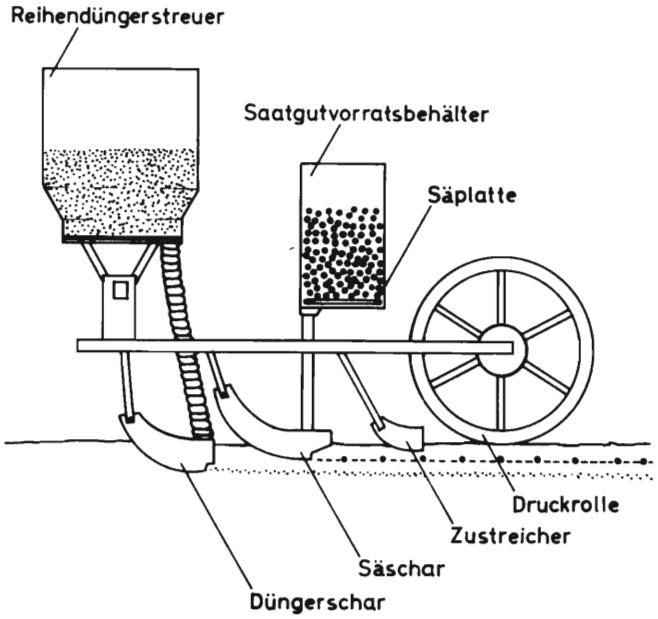


Abb. 27: Schema eines Säaggregats, das mit vier Werkzeugen auf den Boden einwirkt

Die Schare für Reihendüngung und Saatgut und die Zustreicher lockern den Boden, die Druckrollen verdichten ihn. Die Erfahrung zeigt nun, daß das Bodengefüge nach der Saat in den meisten Fällen zu locker ist, um in den ersten vier Wochen eine kontinuierliche Wasserversorgung der jungen Maispflanzen zu gewährleisten.

Verbesserungen lassen sich über die Arbeitsweise und die Ausführung der Druckrollen erreichen. Bei vielen Rübengeräten läuft die Druckrolle in der offenen Saatrinne nach dem Säschar in der Absicht, das Korn in die feuchte Unterkrume zu drücken und damit die Wasserversorgung von unten zu sichern. Bei Mais ist dieses Verfahren nicht zu verwenden, zum einen wegen der größeren Saattiefe von 5 - 10 cm, aber auch wegen des Reihendüngerschars, das den Boden bis in 15 cm Tiefe aufbricht. Auf frühjahrsfeuchten, bindigen Böden ist in Saattiefe die Adhäsion von Boden und Druckrollenbelag so groß, daß Bodenteile samt Saatgut mitgerissen

und aus der Reihe verlagert werden. Druckrollen in der offenen Saatrinne können deshalb nur auf wenigen Standorten wirkungsvoll eingesetzt werden: außer auf humosen Sanden nur auf trockenen Böden.

Da aber zur Saatzeit feuchte Verhältnisse vorherrschen, sind Druckrollen vorzuziehen, die den Boden von der Oberfläche her verdichten (Abb. 28). Diese Rollen neigen weniger zum Aufnehmen des zu verdichtenden Bodens, besonders wenn sie mit stark walkenden Gummireifen belegt sind (Abb. 29).

Abb. 28:

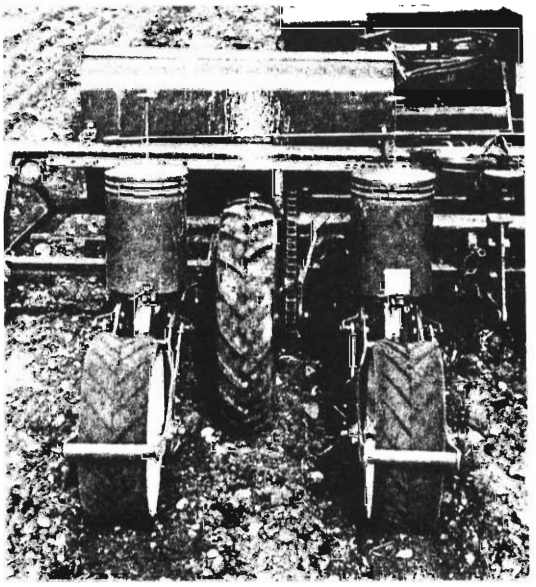


Abb. 29:

Vielfach wird von den beiden Rollenhälften ein kleiner Damm von 5 cm Höhe geformt, der dafür sorgt, daß sich unmittelbar über der Saatreihe keine Furchen bilden können, in denen Niederschlagswasser zusammenlaufen könnte. In solchen Furchen verschlämmt und verhärtet der Boden nämlich besonders schnell, und der Wassergehalt wird dort immer höher sein; daraus ergeben sich dann große Nachteile für die darunter keimenden Pflanzen. Dieser Furchenbildung kann mit Zustreichern begegnet werden, die in ausreichendem Umfang Boden vor den Druckrollen anhäufeln.

Auf vielen Standorten ist zu beobachten, daß die Pflanzen immer dann gut auflaufen, wenn der Boden um die Körner besonders festgepackt worden ist, aber zugleich noch keine nassen Bedingungen für die Keimpflanzen herrschen. Zur Erhärtung dieser Erfahrung wurde ein Exaktversuch mit verschiedenen Druckrollenlasten angelegt, die weit über die üblichen Lasten von 15...20 kp hinausgingen. Dazu wurde ein sehr schweres angehängtes Sägerät verwendet, bei dem Teile des Rahmengewichts über Druckfedern auf die Rahmen der Einzelaggregate und damit über Säschare und Druckrollen auf den Boden gebracht werden konnten.

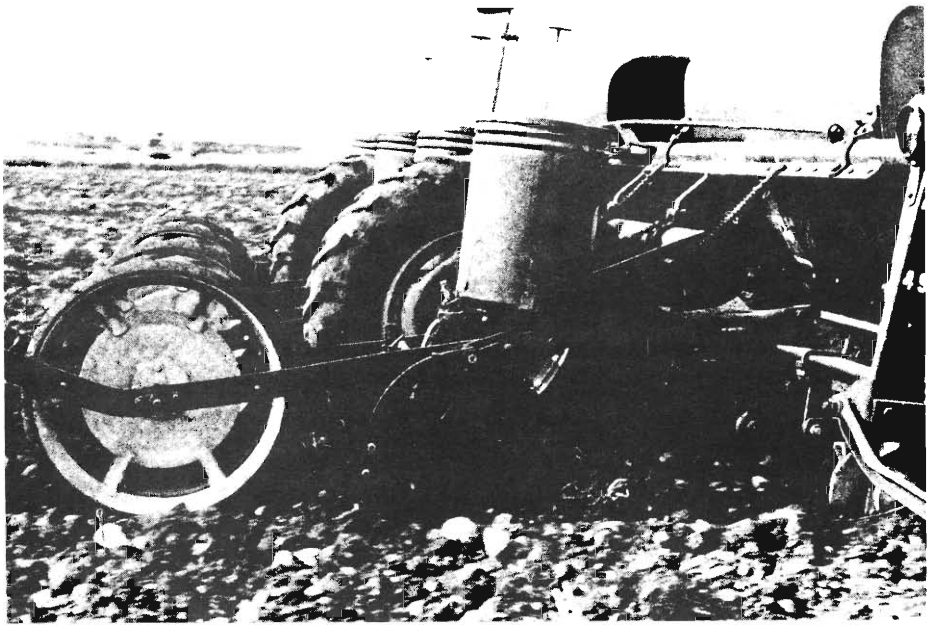


Abb. 30: 4-reihiges Sägerät, bei dem die Druckrollenlast durch Federdruck gesteigert werden kann

Der Anteil der Kräfte, der über die Scharschneiden auf den Boden übertragen wurde, war jedoch sehr gering, weil ein langgezogenes 5 mm schmales Säbelschar verwendet wurde, das zudem nur in gelockerter Oberkrume lief. Der größte Teil der Kräfte - addiert aus der Gewichtskraft des Einzelaggregats und der Federbelastung - wurde also über die Druckrolle auf den Boden geleitet. Über verbreiterte Zustreicher wurde

hinter den Scharen so viel Boden zusammengeführt, daß sich auch unter großem Druckrollengewicht keine Furchen bilden konnten. Gefahren wurde mit drei Druckstufen bei konstanter Fahrgeschwindigkeit von 1,6 m/s. Zur Einstellung der Druckkräfte wurden bei abgesenktem Sägerät die Druckfedern so verstellt, daß an den Druckrollen statische Kräfte von 18, 40 und 60 kp gemessen wurden. Die erste Druckstufe mit 18 kp ergab sich aus dem Aggregatgewicht ohne Federbelastung. Während der Fahrt schwankten die Druckrollenkräfte aufgrund der Nickbewegungen der Sämaschine und der Stöße, die das System vom Boden bekam, zwischen 0 und 90 % der statischen Kräfte.

Der Versuch wurde 1967 auf dem Versuchsort 10 gefahren. Der Boden (sL) war feucht und hatte etwa 60 % der Feldkapazität. Das Saatgut wurde in 4 cm Tiefe mit 13 cm Kornabstand in feinkrümeliges Saatbett abgelegt.

Zur Beurteilung wurde die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen 22 Tage nach der Saat herangezogen. Zu diesem Zeitpunkt waren ca. 70 % der Pflanzen aufgelaufen. Für jedes der 3 Versuchsglieder wurden 3 Teilstücke mit 50 m Reihenlänge ausgezählt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Einen optischen Eindruck von der Verdichtung geben die Abb. 31 und 32. Besonders die Behandlung mit 60 kp zeigte nach kurzer Zeit die zu erwartenden Zeichen einer übermäßigen Verdichtung auf dem 15 cm breiten Streifen. Trotzdem wurden hier die besten Aufgangszahlen erreicht. Dieses Ergebnis läßt sich folgendermaßen deuten: In dem hochverdichteten Streifen bekamen die Keimlinge ständig genügend Wasser, obwohl sie nur 3 cm tief lagen. Andererseits drangen höhere Bodentemperaturen schnell bis in diese Tiefe vor, während der Gasaustausch von der Seite her nicht behindert war. Die zum Durchstoßen benötigte Kraft konnte von den kurzen Koleoptilen leicht aufgebracht werden, da der Boden keine Zeit hatte, um völlig auszutrocknen und zu verhärten. In den kritischen ersten sechs Wochen fielen genügend Niederschläge.

Tabelle 5 Aufgangszahlen bei variierter Druckrollenlast

statische Druckrollen-last Stufe	kp	aufgelaufene Pflanzen auf 50 m Mittelwerte	bezogen auf eine Sollzahl v. 384 Pfl. %
1	18	254,3	66
2	40	274,0	71
3	60	279,5	75

Differenzen Stufen	Pflanzenzahl	Streuung	Grenzdifferenzen $GD_{5\%}$
2 - 1	19,8	10,57	25,9
3 - 2	5,5	7,80	19,1
3 - 1	25,3 *	8,58	21,0

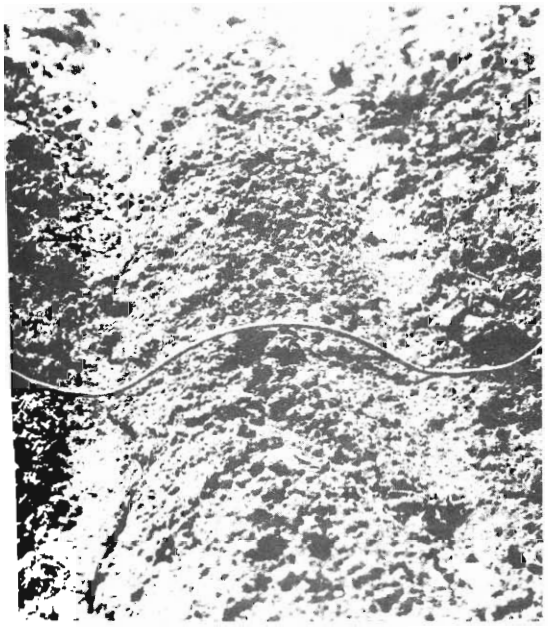


Abb. 31/32: Druckrollenspuren 8 Tage nach der Saat
Laststufe 18 kp Laststufe 60 kp

Ein vermehrtes Auftreten von verkrümmten Pflanzen (Merkmal 6 in Abschnitt 3.1.1) war nicht zu beobachten.

Daraus kann für das Untersuchungsgebiet der Schluß gezogen werden, daß das Keimbett um das Saatkorn mit Erfolg hoch verdichtet werden kann, weil dann Wasser und Wärme einen leichteren Zutritt zum Keimling bekommen. Voraussetzung ist allerdings, daß die Zustreicher am Sägerät viel Boden zusammenbringen und die Saat sehr flach erfolgt. Selbstverständlich muß durch lockeren Boden zwischen den Reihen ein guter Gasaustausch möglich sein.

Nach weiteren Testversuchen mit erhöhtem Druck auf anderen Standorten sind lediglich auf Sandböden keine ähnlich guten Ergebnisse zu erwarten. Dort muß die bessere Wasserversorgung mit größerer Saattiefe, Bodenbedeckung oder Mulch (BURROWS, LARSON (19), SHAW (93), v. DUIN (28)) angestrebt werden.

3.2.4 Streifenbearbeitung zur Maissaat

Will man den Bedürfnissen keimender Maispflanzen entgegenkommen, dann muß man also im Nahbereich der Körner einen feinkrümeligen, kompakten Boden schaffen. Dieser Forderung stehen Ansprüche entgegen, die jeder Acker hinsichtlich Erosionsschutz, Strukturstabilität und Stoffwechsel stellt. Eine differenzierte Behandlung des Streifens mit den Pflanzen und der Flächen zwischen den Reihen liegt deshalb nahe. Die Trennung der Bearbeitung bei Reihenfrüchten, die bei Kartoffeln, Rüben, Wein u.ä. vielfach seit langem ausgeführt wird, hat in jüngerer Zeit einen weiteren Aspekt dazugewonnen. In den USA sah man darin einen Weg, den Aufwand für die Bodenbearbeitung stark einzuschränken. Unter dem Schlagwort "Minimum Tillage" wurden verschiedene Verfahren bekannt. (PETERSON (72), LARSON (56), ALDRICH und LENG (3) u.a.)

"Minimum Tillage" - ALDRICH und LENG halten dies für einen unglücklichen Ausdruck und verwenden wie die meisten anderen Autoren lieber "Reduced Tillage" - wurde das Leitwort

für eine Saatbestellung nach neuen Vorstellungen von einer Agrotechnik, die Pflanzen und Boden ein Optimum zukommen lassen sollte. Ausgehend von den Arbeiten in den 40-er und 50-er Jahren in Ohio, Michigan, New York, Nebraska haben sich eine Reihe von Techniken entwickelt, die zu Begriffen geworden sind:

Minimum Tillage Verfahren		Bodenzustand auf dem Pflanzstreifen	Bodenzustand zwischen den Reihen
Wheel Track Planting	Radspur-Saat	fein, dicht	Pflugfurche
Plow Planting	Pflug-Saat	grob, locker	Pflugfurche
Strip Tillage	Streifenbearbeitung	fein.....grob, locker	Vorfruchtstoppel oder Pflugfurche
Listing	Furchensaat	dicht, feucht	locker, Mulchbedeckung
Ridge Planting	Dammsaat	fein.....grob, locker	unbearbeitete Unterkrume

1. Beim "Wheel Track Planting" drücken die 4 Räder des Schleppers Spuren im Pflanzreihenabstand in eine frische Pflugfurche. Das angehängte Sägerät legt die Körner flach in die Furchen ein.

2. Beim "Plow Planting" wird Pflügen und Säen in einem Arbeitsgang erledigt. Dazu werden die Sägeräte am Pflug angebaut.

3. Auch "Strip Tillage" faßt Bearbeitung und Saat in einem Arbeitsgang zusammen. Der Boden wird aber nur auf schmalen Streifen für den Mais vorbereitet.

4. Die Bodenbearbeitung beim "Listing" besteht nur aus dem Ziehen von Furchen mit Scheibenscharen, in die das Saatgut eingebracht wird.

5. Beim "Ridge Planting" wird der Mais in Dämme gesät, die manchmal für mehrere Jahre erhalten bleiben. Zur mechanischen Unkrautbekämpfung wird angehäufelt wie bei Kartoffeln.

Behandlung des Pflanzenstreifens

Alle fünf Verfahren haben gemeinsam, daß die Streifen, auf denen die Pflanzen wachsen sollen, eine andere Behandlung erfahren als der Boden zwischen den Reihen. Man kann also bei allen fünf Verfahren von Streifenbearbeitung sprechen (BLAKE (11), LARSON (59), LARSON, SCHALLER, LOVELY und BUCHELE (56), STANZEL (97)). Auf dem Pflanzstreifen von 10 - 30 cm Breite wird ein optimales Keimbett durch intensive Bearbeitung geschaffen und es wird in Kauf genommen, daß sich eventuell schon nach wenigen Wochen Verdichtung und Strukturverfall einstellen können. Nach spätestens 6 Wochen sind die Pflanzen dieser Zone entwachsen: die Aufgabe des Keimbettes ist erfüllt.

Bearbeitung der Flächen zwischen den Reihen

Die Pflanzen sind nun auf ein optimales Wurzelbett angewiesen, das sie auf den Flächen zwischen den Reihen finden sollen, die 60 - 80 % der Gesamtfläche ausmachen. In der Regel wird sich hier die Bearbeitung auf ein Minimum beschränken können, das dem Standort gerecht wird. Dabei können Erosionsschutz und Bodenstrukturverbesserung allein die Maßnahmen bestimmen. Nach feldräumenden Vorfrüchten wie Kartoffeln und mit Einschränkung auch Rüben kann jede Bearbeitung unterbleiben, wenn wenig Unkrautwuchs und keine Strukturprobleme bestehen. Solche Fälle werden vom Cornbelt und der Ukraine berichtet.

Zwischen den Reihen kann auch eine Zwischenfrucht stehen bleiben, die einige Wochen vor der Saat chemisch abgetötet wird (mit Atrazin, Paraquat u.ä.). Es hat sich jedoch gezeigt, daß der Mais oft unter der Nährstoff- und Wasserkonkurrenz zu leiden hat. Ebenso wie unter einer Mulchschicht (Vorfruchtstoppeln oder Stroh) bleiben die Bodenfeuchte größer und die Temperatur niedriger als im blanken Boden (LARSON, BURROWS, WILLIS (57), BURROWS, LARSON (19), VAN DUIN (27, 28), BOLTON u. AYLESWORTH (13)).

In den meisten Fällen geht der Saat jedoch eine Pflugfurche voraus, die zwischen den Reihen belassen wird. Sie weist ein großes Porenvolumen auf, kann also große Niederschlagsmengen ohne Schäden aufnehmen. Sie wirkt gareförderndnd - besonders wenn sie über den Winter Frost bekommen hat - und behindert die Keimung von Samenunkräutern stark. Man kann von einer Teilbrache sprechen, weil 60 - 80 % des Maisackers so liegen bleiben.

Abb. 33/34: Links Ganzflächenbearbeitung, rechts Streifenbearbeitung

Den Effekt bringen die beiden Abbildungen 33 und 34 von zwei benachbarten Parzellen des Standorts 8 Buchhofen zum Ausdruck. Die Flächen wurden 8 Wochen nach der Saat aufgenommen, nachdem etwa 280 mm Niederschläge auf den Lößlehm

niedergegangen waren. Die linke Fläche wurde ortsüblich in einem Arbeitsgang mit Löffelegge und Drahtwälzegge bearbeitet. Sie zeigt die zu erwartende Verschlämmung und Verhärtung der Oberfläche. Die Abb. 34 zeigt zwischen den Maisreihen die noch erhaltene Winterfurche. Eine Verschlämmung ist nur entlang der Maisreihen erkennbar, die Oberfläche ist feucht, d.h. der Boden kann immer noch die zu reichlich vorhandene Feuchtigkeit zur Verdunstung freigeben.

Eine Frühjahrsfurche ist in der Regel der Winterfurche unterlegen, weil sie einen erhöhten Werkzeugaufwand für die Streifenbearbeitung erfordert und bei Feuchtigkeit leicht zum Schmieren neigt, d.h. die knappe Arbeitszeitspanne im Frühjahr wird allzuleicht noch kleiner.

Mit dem aufwandsmindernden Effekt der Streifenbearbeitung ist auch eine ertragliche Wirkung verbunden, da die spezifische Einwirkung auf den Boden prinzipiell bessere Wachstumsbedingungen erwarten läßt als bei konventionellen Methoden. Aus den Angaben der verschiedenen Autoren läßt sich jedoch keine generelle Tendenz entnehmen. Die Ertragsdifferenzen gegenüber normaler Bestellung schwanken maximal 10 % um die Vergleichswerte und zeigen keinen eindeutigen Trend. Immerhin gelang es aber für den amerikanischen Cornbelt Angaben zu machen, in welchen Regionen und auf welchen Böden die verschiedenen Minimum Tillage-Verfahren anwendbar sind und im Durchschnitt der Jahre leichte Ertragssteigerungen bringen (LARSON, SCHALLER, LOVELY, BUCHELE (56)). Danach nimmt das Ertragsrisiko der MT-Verfahren mit schlechteren Lagen und Jahren zu, was auf die noch relativ geringe Perfektion der neuen Verfahren zurückgeführt wird. Nach ALDRICH u. LENG (3) kann bei jahrelanger Anwendung eine stetige Verbesserung der Ergebnisse beobachtet werden, weil die Landwirte die notwendige Anpassung der Gerätetechnik an die Bodenverhältnisse langsam optimieren können und nach einigen Jahren die Bodenstrukturverbesserungen zum Tragen kommen.

Beurteilung der MT-Verfahren unter Berücksichtigung hiesiger Standortfaktoren

Nach den Aussagen der verschiedenen Autoren sind bei einer Übernahme der MT-Verfahren in völlig anders geartete Zonen zunächst keine durchschlagenden Erfolge zu erwarten. Vor der Übertragung dieser Verfahren auf bayerische Standorte ist eine Bewertung nötig. Danach scheiden die beiden ersten Verfahren, die Radspursaat (Wheel Track Planting) und die Pflugsaat (Plow Planting) fast aus, weil nach Aussagen nahezu aller angesprochenen maisbauenden Betriebe die Frühjahrsfurche wegen der Gareprobleme und der Verunkrautung abzulehnen ist. Testversuche auf den Standorten 3 und 14 bestätigen diese Ansicht. Ausnahmen bilden selbstverständlich die wenigen Standorte mit Sand und lehmigem Sand etwa in der Münchner Schotterebene oder im mittelfränkischen Sandkeupergebiet. Hier besteht kaum das Problem, daß der Boden bei der Bearbeitung zu feucht oder zu trocken ist. Jedes MT-System läßt sich hier technisch verwirklichen, da der Boden-Saatkorn-Kontakt leicht hergestellt werden kann. Bei der Versuchsplanung konnten diese räumlich eng begrenzten Standorte nicht berücksichtigt werden, weil ihnen keine überregionale Bedeutung zukommt.

Den Verfahren der Furchensaat (Listing) können Chancen in den trockeneren Lagen Frankens eingeräumt werden. Begrenzend wirkt allerdings, daß es auch in Franken meistens reichliche Winterniederschläge gibt und in der Regel nur die Frühsommertrockenheit zu fürchten ist. Zur Saatzeit herrschen hier die gleichen Probleme wie in allen anderen Lagen: der Boden ist in 5 - 15 cm Tiefe noch zu naß und kalt, als daß er ohne negative Folgen mit Werkzeugen behandelt werden kann. Zudem glauben viele Betriebsleiter, den Bodenwasservorrat im Hinblick auf die geringen Sommerniederschläge mit einer schüttenden Furche oder Pflugnachläufern schonen zu müssen. Unter diesen feuchten Verhältnissen ist die Furchensaat im April nicht einzubringen. In Sandböden gibt es diese Probleme wieder nicht, hier muß le-

diglich die Bodenzone zwischen den Reihen mit Mulch bedeckt oder verdichtet werden, damit die Wasserverdunstung gering bleibt (siehe Versuchsergebnisse in Abschnitt 3.3.3, Betrieb 4 Gonnersdorf).

Die Dammsaat (Ridge Planting) ist prädestiniert für niederschlagsreiche Lagen mit kalten Böden, die im Untersuchungsgebiet häufig vertreten sind. Die Versuche im Abschnitt 3.2.2 weisen gerade für diese Standorte deutliche Gewinne aus.

Während für die Ausformung der Dämme ein höherer mechanischer Aufwand nötig ist, läßt sich die spezielle Streifenbearbeitung (Strip Tillage) für die meisten Bodenverhältnisse relativ einfach verwirklichen. Sie wurde deshalb schon 1965 in dieses Versuchsprogramm aufgenommen.

Als Behandlung der Flächen zwischen den Reihen muß die Winterfurche am aussichtsreichen erscheinen, weil in vielen Lagen damit die günstige Frostgare erzeugt werden kann. Zudem lassen sich damit Wurzelunkräuter ausreichend eindämmen und das Keimen der Samenunkräuter weit hinauszögern.

Dagegen bietet der Zwischenfruchtanbau nur selten Erfolgsaussichten, weil er den Boden im Frühjahr beschattet und damit die Erwärmung behindert. Ein eigener Testversuch im Jahre 1969 auf dem Standort 14 Honsolgen machte das sehr deutlich. Dort kam eine winterharte Zwischenfrucht ("Perko", Kreuzung Chinakohl x Rübsen) zur Anwendung, die zwei Wochen vor der Saat mit Erfolg durch eine Spritzung mit Reglone und Gramoxone abgetötet werden konnte. Darauf folgte die Saat mit einer Frässäkombination (Abb. 35).

Im Vergleich zu den unbewachsenen Teilstücken mit Herbstfurche lief der Mais hier nur lückig und verspätet auf. Schuld daran war die höhere Bodenfeuchte und die dadurch niedrigere Bodentemperatur (BURROWS u. LARSON (19)).

Abb. 35: Maisanbau mit Frässäkombination auf Zwischenfrucht, die mit einem Gemisch aus je 1,5 kg/ha Reglone und Gramoxone abgetötet worden ist.

Versuche zur Aussaat mit Streifenbearbeitung

Im Abschnitt 3.2.2 wurde schon ausgeführt, welchen Einfluß die Furchen- und Dammsaat auf die Pflanzenerträge haben. In einem weiteren Versuch, der mit jenen in einer mehrfaktoriellen Anlage verbunden war, sollte geklärt werden, welche Auswirkungen die Streifenbearbeitung hat, d.h. der Verzicht auf einen eigenen Arbeitsgang mit ganzflächiger Saatbettvorbereitung.

Die Versuche konnten 1965 und 1966 in praxisnaher Form angelegt werden, 1965 fanden sie auf den neun Standorten 1,

2,4,6,7,8,10,11 und 12 statt, wovon die Flächen in 1 Arnstein und 12 Schönberg wegen Drahtwurmfraß nicht auszuwerten waren. 1966 fielen von den Versuchen auf den Standorten 2,5,6,7,9,10,12 und 13 die von 9 Fuchsgrub und 10 Dürnast wegen übermäßigen Queckenwuchses aus. Die Betriebsleiter hatten durch ungünstige Umstände Pech mit der Gesaprimspritzung, worauf die Quecken eine normale Bestandsentwicklung verhinderten.

Alle Versuche wurden auf die gleichmäßigsten Schläge mit Winterfurche in möglichst ebener Lage gelegt, um die Einflüsse von Bodenunterschieden gering zu halten. Wegen der 4-reihigen Arbeit der Sägeräte, den hohen Fahrgeschwindigkeiten und Terminwünschen der Betriebe mußten jeweils grosse Flächen von 1 bis 2 ha mit ungeteilten Feldlängen bestellt werden. Die großen Flächen hatten den Vorteil, daß bei den ersten Fahrten die optimalen Maschineneinstellungen gründlich gesucht werden konnten. Kornverteilung, Krümelung und Verdichtung des Bodens um die Körner konnten so auf die beabsichtigten Werte gebracht werden.

Die Bearbeitung richtete sich immer nach dem Boden und war daher von Ort zu Ort verschieden. Für die Vergleichsflächen mit üblicher Bodenvorbereitung wurde die Winterfurche auf Streifen von 10 m Breite mit betriebsüblichen Kombinationen aus Feingrubbern, schweren Acker- oder Löffeleggen und Drahtwälzeggen bearbeitet. Als üblich wurde die Behandlung bezeichnet, die der jeweilige Betriebsleiter als optimal erachtete. Da alle Betriebe mehrjährige Erfahrungen mit dem Maisanbau besaßen, war die Gewähr für den richtigen Einsatz der Werkzeuge gegeben. Je nach Bodenart lag die Arbeitstiefe bei 5 - 15 cm.

Daneben wurden jeweils 10 m breite Streifen in der Winterfurche liegen gelassen. Hier erfolgte die Bearbeitung auf 25 cm breiten Streifen in einem Gang mit der Saat. Dazu liefen kurz vor den Säscharen schmale Werkzeuge mit starren oder gefederten Zinken, Wälzeggen oder angetriebene

Fräswerkzeuge. Bearbeitung und Saat wurden also auf allen Teilstücken zum gleichen Termin ausgeführt. Dabei wurde stets der Bodenzustand abgewartet, bei dem die Werkzeuge nicht mehr schmieren konnten. Zu nasse Bodenverhältnisse wurden schon allein im Hinblick auf die bekannten Nachteile bei der Fräsarbeit vermieden. Diese Vorsicht schien geboten, weil nach bisherigen Erfahrungen der Mais auf zu hohe Bodenfeuchten bei der Saat mit Auflaufverzögerung reagiert.

Mineraldünger und Spritzung mit Gesaprim wurde den Betriebsleitern überlassen, weil damit die günstigsten Termine für diese Arbeiten besser eingehalten werden konnten als bei einem zentralen Einsatz von Weihenstephan aus.

Etwa 6 Wochen nach der Saat wurden die Flächen besichtigt und auf den Teilflächen mit augenscheinlich gleichmäßigen Beständen Blöcke mit 16 Teilstücken zu 64 m^2 (1965) bzw. 24 Teilstücken zu 32 m^2 (1966) ausgezeichnet. Mit dieser Maßnahme konnte die Wirkung von Bodenunterschieden weitgehend eingeschränkt werden. Die Pflanzendichte wurde - wie in Abschnitt 3.2.2 erläutert - egalisiert, um auch diesen Einflußfaktor auszuschalten.

Die Ergebnisse des Vergleichs - übliche Bodenbearbeitung zu Streifenbearbeitung - bringt die Tabelle 6. Darin sind die Kornerträge in dz/ha bezogen auf 14 % Kornfeuchte enthalten, sowie die Relativwerte bezogen auf die Mittel je Versuchsort.

Aus den Ergebnissen läßt sich entnehmen, daß insgesamt keine überraschenden Ertragsdifferenzen aufgetreten sind. Im extrem schlechten Versuchsjahr 1965 haben sich zwar einige gesicherte Unterschiede gezeigt: in Dächheim war die übliche Bodenbearbeitung leicht überlegen und auf den Standorten Gonnersdorf und Dürnast die Streifenbearbeitung sogar hochsignifikant. Im ausgeglichenen Jahr 1966 lagen alle Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle.

TABELLE 6 VERGLEICH UEBLICHE BODENBEARBEITUNG - STREIFENBEARBEITUNG

KORNERTRAEGE IN DT/HA UND RELATIVZAHLEN

VERSUCHSORTE	VERSUCHSJAHR	MITTEL JE VERSUCH		UEBLICHE BODENBEARBEITUNG		STREIFENBEARBEITUNG	
		DT/HA	REL.	DT/HA	REL.	DT/HA	REL.
1	2	3	4	5	6	7	8
2 DAECHHEIM	1965	5o,7o	1oo	52,4	1o3 *	49,o	97
	1966	67,27	1oo	66,5	99	68,3	1o1
4 GONNERSDORF	1965	34,9o	1oo	32,o	92	37,8	1o8 **
5 VEITSBRONN	1966	67,27	1oo	67,6	1oo	67,o	1oo
6 BRUDERSDORF	1965	26,78	1oo	26,9	1oo	26,6	99
	1966	51,66	1oo	53,3	1o3	5o,o	97
7 MAKOFEN	1965	51,81	1oo	52,o	1oo	51,6	1oo
	1966	76,oo	1oo	77,1	1o1	74,9	99
8 BUCHHOFEN	1965	41,56	1oo	-	-	41,6	1oo
1o DUERNAST	1965	29,14	1oo	26,6	91	31,6	1o8 **
11 UNTERNEUKIRCHEN	1965	31,13	1oo	32,2	1o3	3o,1	97
12 SCHOENBERG	1966	54,92	1oo	54,6	99	55,3	1o1
13 SCHWABHOF	1966	56,89	1oo	57,6	1o1	56,2	99
MITTEL		49,23	1oo	49,9o	1o1,4	49,23	1oo,o

Da auch die anderen Kriterien Pflanzenhöhe, Bonitierung und Kornfeuchte, die, wie in Abschnitt 2.1 erläutert, anfangs zur Beurteilung herangezogen wurden, keine Tendenz zeigten, kann der Schluß gezogen werden, daß die Streifenbearbeitung auf Winterfurche der üblichen Bestellung nicht unterlegen ist. Daraus kann für die Arbeitserledigung Nutzen gezogen werden, worauf in Abschnitt 4.3 und 4.4 näher eingegangen wird.

Ein wesentlicher Faktor bei allen Formen eingeschränkter mechanischer Bodenbearbeitung ist die Bewältigung des Unkrautproblems. In den vorliegenden Versuchen traten durch gute Pflugarbeit und gezielte Spritzungen keine Schwierigkeiten auf. Lediglich der Eindämmung der Quecke zwischen den Reihen mußte besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Gezielte Gesaprimspritzung zur richtigen Bodenfeuchte nach der Saat und die Beimischung von Netzmitteln bei Nachauflaufspritzungen brachte regelmäßige Erfolge. Zu diesem Fragenkreis wurden keine Versuchsfragen gestellt, weil in den letzten Jahren viele exakte Untersuchungen stattgefunden haben. Die Verhältnisse wurden von BACHTHALER (7), KAHNT (110), SCHWERDTLE (89), CZERATZKI (22) u.a. dargestellt. Danach gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, die durch Einschränkung der Bodenbearbeitung geförderten Wurzelunkräuter zu beherrschen.

3.3 Saatkornablage

Wie schon mit den Gefäßversuchen in Abschnitt 3.1 gezeigt werden konnte, hat die Lage der Saatkörner im Boden einen großen Einfluß auf das Wachstum in den ersten Wochen. Die Forderungen der Pflanze und die Gegebenheiten des Standortes lassen sich zu einem kontroversen Schema ordnen:

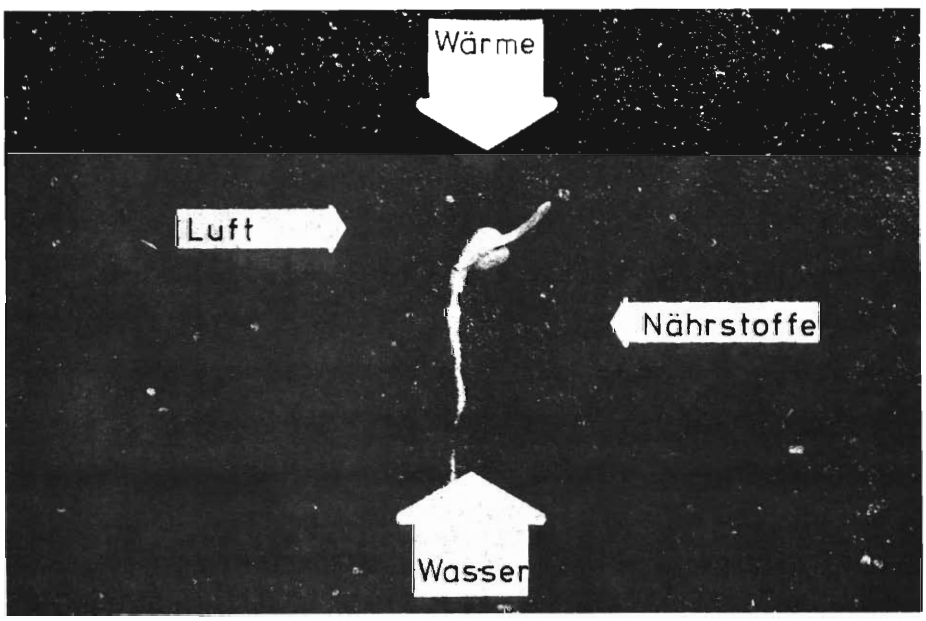


Abb. 36: Keimende Pflanze, 10 Tage nach der Saat

Mit flacher Saat kommen dem Mais ein besserer Gasaustausch und höhere Bodentemperaturen zugute. Mit tieferer Saat können die kontinuierliche Wasserversorgung gesichert und die empfindlichen Triebspitzen vor den negativen Auswirkungen des täglichen Temperaturgangs insbesondere vor Frost bewahrt werden. Die gleichmäßige Bodenbedeckung ist leichter zu erreichen.

Wie so oft entscheidet die Erfahrung über den richtigen Kompromiß, der aber nur selten das Optimum treffen wird, da der Witterungsverlauf über die Verfügbarkeit der 4 Faktoren Wärme, Luft, Wasser und Nährstoffe entscheidet. Auf mittleren und schweren Böden des Untersuchungsgebietes ist

immer dann die flache Saat in 3 - 6 cm Tiefe von Vorteil, wenn dabei noch eine kontinuierliche Wasserversorgung gewährleistet werden kann. Die Frostempfindlichkeit dieser flachen Saaten muß in der Regel in Kauf genommen werden, ebenso die größere Gefährdung durch Schadvögel.

Die tiefere Saat ist nur dort vorzuziehen, wo es an der Kontinuität der Wasserversorgung mangelt, wie auchauf manchen Sandböden oder in anmoorigen Lagen mit federleichter Mullauflage. Bei zu tiefer Saat auf schwereren Böden muß mit erheblichen Auflaufverzögerungen und Ausfällen gerechnet werden. Wie schon ALDRICH und LENG (3) ausführten, treten besonders dann die aus 3.1 bekannten Fehlstellen mit verkrümmten Pflanzen auf, da die Koleoptilen noch vor dem Durchstoßen die ersten Blätter entlassen und damit nicht mehr in der Lage sind, Oberflächenkrusten zu durchbrechen. Unter diesem Aspekt wurde 1965 die H o r s t s a a t in das Versuchsprogramm aufgenommen: 2 oder 3 Pflanzen in einem Horst sollte es mit vereinten Kräften besser gelingen, verkrustete Oberflächen aufzubrechen als einzelstehenden Koleoptilen.

Und noch ein anderer Komplex konnte mit der Horstsaat aufgegriffen werden, nämlich die Frage der Abstandverteilung in der Reihe. Die große Vorzug aller Einzelkornsägeräte ist die Gleichmäßigkeit der Abstände von Korn zu Korn im Gegensatz zur Drillmaschine, wo die Körner regellos herausfallen können. Die von BRINKMANN (15) aufgestellte Forderung, wonach der Anteil der doppelstehenden Pflanzen und der Fehlstellen je 10 % aller Kornabstände nicht übersteigen sollte, wird von vielen Einzelkornsägeräten erfüllt. Es besteht aber z.Z. die Tendenz, diese Forderung nach gleichen Kornabständen weiter zu erhöhen.

Viele Versuchsansteller sind auf verschiedenen Standorten der Frage nach der Bedeutung von doppeltstehenden Pflanzen und Fehlstellen, von Reihenweiten und Standraum nachgegangen. (COLLINS und SHEDD (21), ZWEIFLER (106), SVINAREV (99),

HAYNES und SAYRE (44), PAMFIL (68), FESSIK (34) u.a.) Danach wirken sich Fehlstellen und Doppelbelegungen (Horste, Nester) in trockenen Gebieten negativ auf die Erträge aus, während von Standorten mit ausreichender Wasserversorgung in der Regel keine Nachteile berichtet werden. Streng zu trennen von solchen Versuchen sind die Ergebnisse der Horstsaatversuche mit Steigerung der Pflanzenzahlen oder der damit erreichbaren besseren mechanischen Pflegbarkeit, die insbesondere in den Ostblockstaaten günstig abschnitten. Diese Versuche mußten gut abschneiden, weil die Horstsaat im Gegensatz zur Einzelkornsaat ein Hacken quer zu den Reihen und damit eine bessere Unkrautbekämpfung möglich macht. Wegen völlig anderer Voraussetzungen (schlechte Sägeräte, keine chemische Unkrautbekämpfung, wenig Mineraldüngung) sind diese Versuche für unsere Betrachtungen ohne Belang.

3.3.1 Einfluß von Einzelkorn und Horstablage

Für das Untersuchungsgebiet sind zwei Fragen von Interesse:
1. fördert die Horstablage das Auflaufen der Pflanzen;
2. ist von der Horstsaat eine Ertragseinbuße zu erwarten?

Zur Prüfung dieser Fragen wurden 1965 auf den Standorten 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11 und 12 Versuche mit je 8 Teilstücken pro Behandlung angelegt. Davon waren die Versuche in 1 Arnstein und 12 Schönberg wegen starken Drahtwurmbefalls nicht auszuwerten. Die Wiederholung mit besserer Ausrüstung konnte 1966 auf den Betrieben 2, 5, 6, 7, 9, 12 und 13 mit je 16 Teilstücken pro Behandlung angelegt werden. Im 3. Versuchsjahr 1967 wurden die Betriebe 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12 und 14 für die Versuchsanlage gewählt. Diesmal wurden nur 4 Teilstücke pro Behandlung angelegt.

Der Versuch in (3) Schottenstein mußte abgebrochen werden, weil Pflegefehler unterlaufen waren. Auch die Flächen in (6) Brudersdorf mußten aufgegeben werden, weil Aufgangsverluste zu lückigen Beständen geführt hatten. Das Saatgut

war mit Dieldrin gebeizt worden und verkrümmte Pflanzen waren die Hauptausfallursache.

1965 wurde für die Versuchsanlage das Einzelkornsägerät Muli der Fa. Eberhardt eingesetzt, 1966 und 1967 der Cornplanter 495 A von John Deere. Beim ersten Gerät wurde die Horstsaat mit aufgebohrten Säplatten erreicht. Da die 3...5 Körner jeder Zelle nicht zur gleichen Zeit die Saatrinne erreichten, waren die Horste bis zu 20 cm auseinandergezogen. Beim anderen Gerät wurden exakte Horste mit maximal 5 cm Länge und genau 3 Körnern erzielt. Die Maschinen waren mit je 2 Aggregaten für die Einzelkornsaat (Sollabstand 13 cm) und die Horstsaat (Sollabstand 39 cm) ausgerüstet. Durch Hin- und Rückfahrt kamen immer 4 Reihen gleicher Kornablage zusammen. Zur Vermeidung von Randeinflüssen wurden die Teilstücke auf die zwei mittleren Reihen gelegt und in ihren Pflanzenzahlen egalisiert. Dadurch wiesen die Teilstücke mit Einzelkornsaat und Horstsaat gleiche Pflanzenzahlen pro ha auf. Zur Bewertung kamen nur diese Teilstücke, deren Anlage in Abschnitt 3.2.3 beschrieben wurde.

Um die Wirkung auf das Auflaufen zu quantifizieren, wurden Ende Mai die Teilstücke bonitiert und die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen festgestellt. Dabei zeigte sich bald, daß eine Bonitierung zwischen Horst- und Einzelkornsaat wegen der großen Unterschiede im optischen Bild zu keinen brauchbaren Ergebnissen führt. Die großen Abstände zwischen den Pflanzen bei der Horstsaat täuschten einen geringeren Wuchs vor, obwohl bei der Messung die Pflanzen der Einzelkornsaatparzellen gleiche Blattzahl und Wuchshöhe hatten.

Objektiver konnten die Unterschiede zwischen den Teilstükken dagegen mit der Auszählung der aufgelaufenen Pflanzen erfaßt werden. Die Werte aller Teilstücke streuten jedoch so stark (± 30 %), daß sich keine gesicherten Differenzen errechnen ließen. Das wurde schon 1965 deutlich, als die Horste noch 20 cm auseinandergezogen waren. Das gleiche Ergebnis erzielten aber auch die exakteren Horste in den Jah-

ren 1966 und 1967.

Bei genauer Untersuchung wies das Koleoptilenwachstum der 3 Pflanzen im Horst regelmäßig große Unterschiede auf (Abb. 37). So hatte meistens nur eine Pflanze die Pionierarbeit des Bodenaufbrechens zu leisten. Die zwei anderen hatten später in dem gelockerten Bodengefüge leichtere Arbeit. Ganz deutlich war zu erkennen, daß die Pflanzen immer den Weg des geringsten Widerstands entlangwachsen, also immer an den natürlichen Bodenstrukturgrenzen durchstoßen (Abb. 38).

Abb. 37:
Das Wachstum differiert stark trotz gleicher Umwelt

Abb. 38:
Koleoptilen wählen den leichteren Weg

Im weiteren Verlauf der Vegetation konnten keine Merkmale beobachtet werden, die eindeutig zu Gunsten einer der beiden Behandlungen hervorgetreten wären. Untersucht wurden die Merkmale Blattzahl und Pflanzenhöhe im Juni, zum Teil auch Rispenschieben und Beginn der Blüte, sowie zur Ernte Kolbenzahl und Höhe der Pflanzen, Kornfeuchte und Korner-

trag. Die Ausbildung der Merkmale streute jedoch so stark, daß sich keine signifikanten Differenzen zwischen den Behandlungen Horstsaat und Einzelkornsaat nachweisen ließen. Die Verteilung der anderen Wachstumsfaktoren wie Bodengüte, Wasser und Nährstoffe hatten die Unterschiede im Pflanzenbild stärker geprägt, als das die beiden Behandlungen konnten.

Die Ergebnisse der Ertragsfeststellungen sind in der Tabelle 7 zu finden. Auch sie zeigen ein völlig ausgeglichenes Bild über die Versuchsorte und Jahre hinweg. Lediglich einmal (Dürnast 1965) erzielte die Horstsaat einen hochsignifikanten Wert, der sich aber im nächsten Versuchsjahr nicht wiederholte.

Beide Versuchsfragen müssen daher negativ beantwortet werden. Die Horstsaat brachte keine Erleichterung beim Durchstoßen von Bodenkrusten; vielleicht deshalb nicht, weil die Saat auf den schwereren, zur Verdichtung neigenden Standorten wie Buchhofen, Fuchsgrub, Dürnast und Unterneukirchen mit 3...6 cm sehr flach erfolgte.

Auch die schlechtere Pflanzenverteilung bei der Horstsaat wirkte sich ertraglich nicht aus. Dem Augenschein nach war zwar eine der 3 Pflanzen eines Horstes oft besonders üppig und Stengeldicke und Kolbengewicht der anderen fielen dagegen ab, was auf einen Konkurrenzdruck der üppigen Pflanze hinweist. Diese Erscheinungen ließen sich aber nicht gesichert nachweisen.

Nach der Erwartung hätte die Horstsaat auf dem Sandboden (1S) in Gonnersdorf im mittelfränkischen Keupergebiet schlecht abschneiden müssen. Im nassen Jahr 1965 war das nicht der Fall. 1967, als die übliche Frühsommertrockenheit stark ausgeprägt war, schnitt die Horstsaat nur um 3 % schlechter ab. Ein gesicherter Minderertrag durch Horstsaat hat sich also über alle Standorte gesehen nicht ergeben. Das zwingt zu der Feststellung, daß von einer

TABELLE 7 VERGLEICH EINZELKORNABLAGE - HORSTABLAGE

KORNERTRAEGE IN DT/HA UND RELATIVZAHLEN

VERSUCHSORTE	VERSUCHSJAHR	MITTEL JE VERSUCH		EINZELKORNABLAGE		HORSTABLAGE	
		DT/HA	REL.	DT/HA	REL.	DT/HA	REL.
1	2	3	4	5	6	7	8
2 DAECHHEIM	1965	50,70	100	52,1	103	49,3	98
	1966	67,39	100	65,95	98	68,84	102
	1967	72,02	100	71,65	100	72,38	101
4 GONNERSDORF	1965	34,90	100	34,4	99	35,4	101
	1967	55,71	100	57,19	103	54,23	97
5 VEITSBRONN	1966	67,27	100	66,28	99	68,27	101
6 BRUDERSDORF	1965	26,78	100	26,1	97	27,5	103
	1966	51,66	100	51,27	99	52,05	101
7 MAKOFEN	1965	51,81	100	51,9	100	51,7	100
	1966	76,00	100	77,77	102	74,23	98
	1967	67,29	100	68,25	101	66,33	99
8 BUCHHOFEN	1965	41,56	100	40,7	98	42,5	102
9 FUCHSGRUB	1967	71,03	100	69,00	97	73,06	103
10 DUERNAST	1965	29,14	100	27,0	93	31,3	107 **
	1967	62,39	100	63,57	102	61,21	98
11 UNTERNEUKIRCHEN	1965	31,13	100	31,2	100	31,0	100
12 SCHOENBERG	1966	54,92	100	54,53	99	55,30	101
	1967	56,27	100	57,87	103	56,27	97
13 SCHWABHOF	1966	56,89	100	56,95	100	56,83	100
14 HONSOLGEN	1967	54,95	100	56,57	103	53,32	97
MITTEL		53,99	100	54,01	100	54,05	100

gegenüber Einzelkornsaat wesentlich schlechteren Pflanzenverteilung in diesem Gebiet keine Ertragseinbußen zu erwarten sind.

Dazu ist jedoch eine einschränkende Beobachtung hinzuzufügen. Aufgrund des Witterungsverlaufs im Herbst 1967 kam es zum verbreiteten Auftreten von Fusarium-Stengelfäule und in der Folge bei Sturm zu Stengelbruch. Soweit die Ernte erst Ende Oktober erfolgte, war auf den Parzellen mit Einzelkornsaat deutlich weniger Lager zu finden als bei Horstsaat. Die Wirkung zeigte sich bei den Erträgen der Flächen, die spät geerntet wurden (Standorte 4, 7, 10, 12, 14) mit Einbußen von relativ 2...3 %. Diese Differenzen sind wahrscheinlich nur auf den stärkeren Fusariumbefall der Horstsaatparzellen zurückzuführen. Da die Ernte mit der Hand erfolgte, konnten nämlich die bei lagernden Pflanzen unvermeidlichen Aufsammelverluste des Mähdreschers nicht in die Ergebnisse eingehen.

Zur Nachprüfung dieses Sachverhalts wurden nach der Methode von JERMILOW (45) die Stengeldicken über dem ersten Knoten gemessen:

Tabelle 8 Stengeldicken auf einem Maisschlag bei unterschiedlicher Kornablage

Dürnast (10) 1967		Dicke der Stengel bei Einzelkornsaat mm	Dicke der Stengel bei Horstsaat mm
Mittel	$\bar{x}$	21,2	20,6
Streuungen	s	2,52	2,84
Differenz		+ 0,6 *	
GD 5%		0,5	

Die Werte bestätigen die Beobachtung. Die Stengel waren bei Einzelkornablage um rund 0,6 mm dicker als bei Horstablage. Die höhere Standfestigkeit ist auf die etwas stärkeren Stengel zurückzuführen, die bei Fusariumbefall nicht so leicht nachgeben konnten. Eine gleichmäßige Pflanzenverteilung bringt also eine etwas bessere Stengelentwicklung, die auf manchen Standorten für die Ernteverluste von Bedeutung ist.

4 ZUR TECHNISCHEN AUSRÜSTUNG UND DEN VERFAHREN BEI DER MAISSAAT

Die vorausgegangenen Untersuchungen haben gezeigt, mit welchen Mitteln sich die Pflanzenentwicklung durch die Saattechnik fördern läßt, und wie sich Methoden, die die Arbeitsproduktivität steigern können, auf die Erträge auswirken. Im folgenden soll dargelegt werden, mit welcher Ausrüstung und welcher Verfahrenstechnik Saatbettvorbereitung und Aussaat verbessert werden können. Die Aussagen stützen sich auf die Erfahrungen, die innerhalb der vierjährigen Versuchsperiode mit den Geräten und den an diesen vorgenommenen Änderungen gemacht werden konnten. Sie sind notwendigerweise auf die hier vorliegenden Standorte bezogen, weil alle Bemühungen um die Maschinenausrüstung unter dem Aspekt der bestmöglichen Anpassung an die Bodenverhältnisse stattfanden.

4.1 Saatbettvorbereitung

Im Untersuchungsgebiet ist im Regelfall von der Pflugfurche auszugehen. Alle Maßnahmen, die daraus ein Saatbett formen, dürfen nur so weit gehen, daß dem Boden ein für zwei Monate ausreichender Erosionswiderstand bleibt. Zur Schonung der Bodenstruktur kann fast überall auf eine Schleppe im März verzichtet werden. Auf allen schwereren Böden ist nämlich die Gefahr gegeben, daß nachfolgende Niederschläge die Bodenoberschicht verschlämmen und verhärten. Von den Betrieben des Gäubodens wird die Schleppe sogar entschieden abgelehnt, weil sie die frostgaren Fruchenkämme in die Täler schiebt und damit ein ungleichförmiges Saatbett schafft. Diese Zonenbildung mit unterschiedlicher Krümelstruktur hat FEUERLEIN (35) eindrucksvoll dargestellt, aber nicht deutlich auf ihre Mängel für das Keimlingswachstum hingewiesen.

Trotzdem kann manchmal ein Arbeitsgang im März notwendig

werden, wenn das Unkrautwachstum insbesondere der Quecke zu rasch fortschreitet. Dieser Gang erfolgt am besten mit Grubber oder Feingrubber, die geeignet sind, die Rhizome herauszuheben.

Im Normalfall wird der Acker erst wenige Tage oder Stunden vor der Aussaat Ende April in einem Arbeitsgang vorbereitet. Ziel ist, in Saattiefe ein feines Bodengefüge zu schaffen, das sich rasch absetzt. Um den Boden genügend Erosionsschutz zu geben, ist jedoch eine rauhe Ackeroberfläche anzustreben. Diese Wirkung läßt sich mit Zweierkombinationen aus Eggen, Feingrubbern, leichten Packern oder Wälzeggen erzielen. Störgrößen, wie wechselnde Bodenart und Feuchtigkeit können über die Arbeitstiefe und die Fahrgeschwindigkeit ausgeregelt werden. Auf schwereren Böden sind Geschwindigkeiten über 3 m/s nötig, die dem Fahrer nur auf einem schweren oder gut gefederten Schlepper zuzumuten sind.

4.2 Arbeitseffekte und Einzelkornsägeräte

Kurz nach der Saatbettvorbereitung, wenn der Boden oberflächlich etwas angetrocknet ist, kann die Aussaat folgen. Die dazu vorgesehenen Sägeräte - BRINKMANN und ESTLER (16) und ESTLER (32) haben ihre Bauarten beschrieben - erfüllen folgende Aufgaben:

1. Bodeneinwirkung, d.h. den Boden für die Saatgutablage und ein gutes Keimbett aufzubereiten;
2. Saatgutentnahme und Zellenfüllung, d.h. Körner aus dem Saatgutvorrat in gleichmäßiger Folge zu entnehmen;
3. Verteilung der Körner in der Saatrinne, d.h. die nach Tiefe und Abständen gleichmäßige Ablage in das Saatbett.

4.2.1 Bodeneinwirkung

Schon im Abschnitt 3.2.3 wurde dargelegt, wie wichtig der bodenbearbeitende Effekt der Sägerätewerkzeuge für die Keimlingsentwicklung ist. Es geht darum, einen Erdbalken aus klutenfreiem, feinkrümeligem Boden zu formen, in dem den Pflanzen das nötige Maß an Wärme, Wasser, Luft und Nährstoffen zur Verfügung steht. Nur wenige Sägeräte können diese Aufgabe der Zerkleinerung und Verdichtung des Bodens erfüllen, weil diese Forderung bisher nur geringe Beachtung gefunden hat.

Gut arbeitende Geräte haben folgende Gemeinsamkeiten. Es laufen viele Werkzeuge hintereinander auf einem schmalen Streifen. Im Regelfall sind das die Dünger- und Säschare, Klutenräumer, Zustreicher und Druckrolle. Davon werden die Bodenteile beim Durchlaufen mehrmals getroffen; die Wahrscheinlichkeit für eine Zerkleinerung des Bodens ist damit höher als bei geringer Werkzeugbestückung. Diese Werkzeuge sind so kräftig ausgebildet, daß sie dem Boden genügend Widerstand entgegensetzen und diesen dadurch zerteilen und zerkrümeln. Der Zerkleinerungseffekt tritt auf allen bin-

digen Böden erst ab 1,5 m/s Fahrgeschwindigkeit auf. Gute Ergebnisse lassen sich bei 2 m/s erzielen, einer Geschwindigkeit, bei der die meisten Sägeräte Schwierigkeiten mit der Kornverteilung haben. Das Gewicht jedes Säaggregats soll über 40 kg liegen und zusätzlich mit Federkraft erhöht werden, damit die Werkzeuge während der Fahrt nicht aus dem Boden springen und die Druckrolle ständig Bodenkontakt hat.

Von den einzelnen Werkzeugen am Sägerät kommt dem ersten, dem Düngerschar die Rolle der Bodenöffnung zu. Es soll daher sehr schmal schneiden ohne zu räumen, weil es sonst bei großen Fahrgeschwindigkeiten unerwünschte Furchen zieht. Lange Säbelschare sind am besten geeignet; sie müssen allerdings stark belastet werden, damit sie die erforderliche Tiefe von ca. 15 cm konstant einhalten. Scheibenschare, mit denen ein Versuchsgerät ausgerüstet war, haben sich nicht bewährt. Diese reißen auf bindigen Böden feuchte Brocken an die Oberfläche und legen den Dünger nicht in gleichbleibender Tiefe ab.

Der Klutenräumer, der für die Rübensaat seine Berechtigung hat, kann bei der Maissaat entfallen. Seine Aufgabe wird bei ausreichender Vorfahrt über 1,5 m/s weitgehend vom Düngerschar erfüllt. Ein Klutenräumer bringt dann sogar Nachteile, wenn z.B. nach Wiesenumbruch lose Wurzelballen an der Ackeroberfläche liegen und Verstopfungen verursachen.

Bei den Säscharen haben sich lange, scharf schneidende Säbelschare bewährt. Auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten teilen sie den Boden nur kurz. Lockerer Boden kann gleich danach wieder zusammenfließen und die Körner in der Saatrinne bedecken. Jede Verbreiterung der Schare, wie sie einige Geräte aus technischen Gründen aufweisen, führt zu unnötigen Bugwellen und zur Furchenbildung. Scheibenschare, die versuchsweise an einem Gerät angebracht wurden, holen zuviel feuchten Boden z.T. auch mit den Körnern an die Oberfläche.

Die Zustreicher haben eine Aufgabe zu erfüllen, deren Bedeutung allgemein unterschätzt wird. Sie sollen soviel Boden in die Saatrinne hinter dem Säschar werfen, daß die folgende Druckrolle keine Furchen hinterlassen kann. Die anzustrebenden Sollprofile nach den kornbedeckenden Werkzeugen zeigt die Abb. 39.

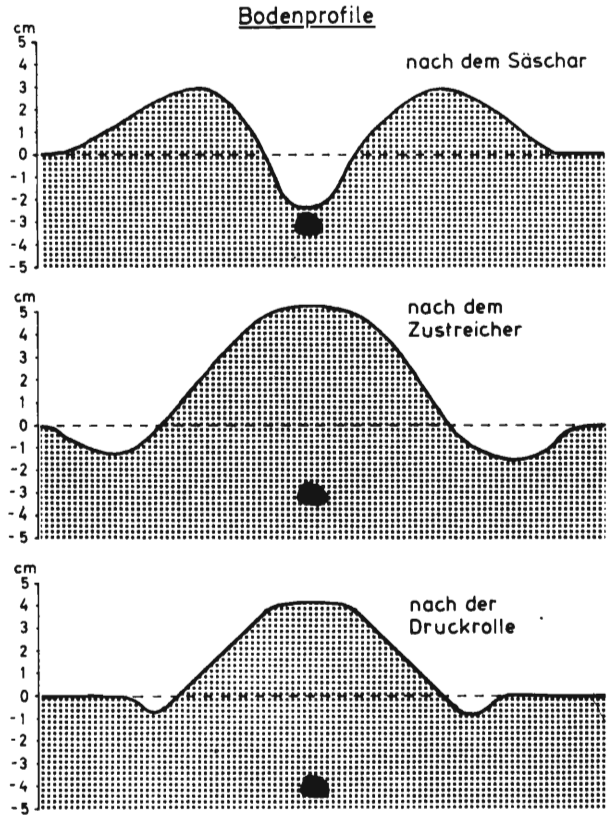


Abb. 39: Bodenprofile nach Sägerätewerkzeugen auf gut krümelnden Böden

Die meisten Sägeräte verwenden gefederte Zustreicher, die in einem flachen Winkel zur Bodenoberfläche angestellt sind. Diese Bauart bewährt sich auf leichten bis mittleren Böden und bei wechselnden Bodenzuständen. Auf allen feuchteren und bindigen Böden ist ihre Wirkung nicht ausreichend, weil sie sich wegen mangelnden Bodeneingriffs nicht mehr selbst reinigen können. Dabei setzen sich Bodenteile und Pflanzen-

reste an, die an beiden Seiten der Saatrinne Furchen ziehen. Auf solchen Böden bringen relativ starre Zustreicher, die steil angestellt sind, bessere Ergebnisse. Ihre optimale Einstellung muß allerdings durch Versuch ermittelt werden und ist bei wechselnden Bodenzuständen sehr kritisch. Im Hinblick auf die vorliegenden Bodenarten und möglichen Zustände ist eine größere Variabilität oder die Austauschbarkeit dieses Werkzeugs von Vorteil, die es bisher bei keinem Fabrikat gibt.

Wie wichtig die Zustreicher sein können, hat sich auf gleichmäßigen, mittleren bis schwereren Böden gezeigt. Hier ist es manchmal zweckmäßig, die Körner auf den abgesetzten, ebenen Boden abzulegen, leicht anzuwalzen und dann von beiden Seiten etwa 6 cm lockere Erde darüberzuhäufeln (Abb. 40). Auf diese Weise kommen die Körner auf festen Boden mit konstanter Wasserführung zu liegen, während Luft und Wärme leichten Zutritt von oben haben.

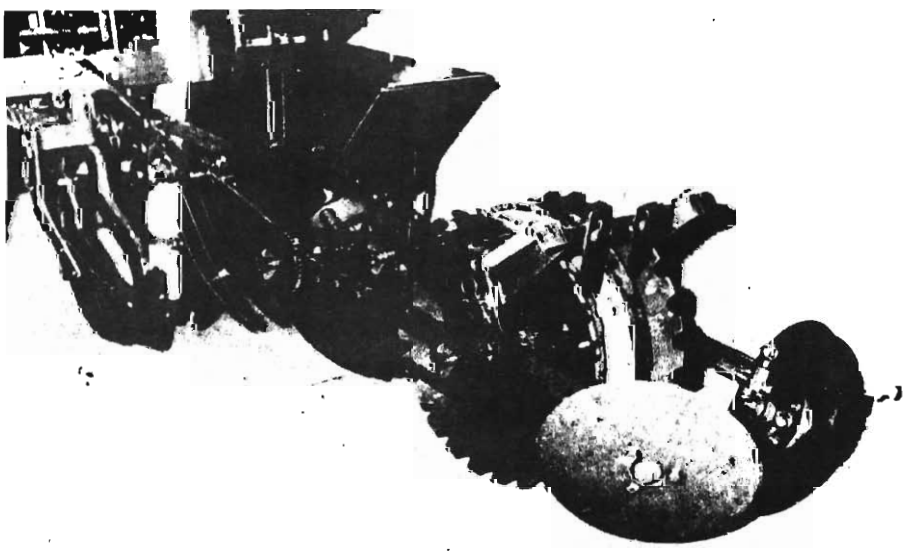


Abb. 40: Sägerät mit Druckrolle zum Andrücken der Körner an der Oberfläche und nachfolgenden Häufelscheiben

Den Abschluß der Bodenbearbeitung besorgt im Normalfall die Druckrolle. Sie verdichtet den Boden von oben allenfalls bis zur Saattiefe. Höhere Druckrollenlasten als bisher treiben die Verdichtung tiefer und können sich positiv auf das Auflaufergebnis auswirken (siehe Abschnitt 3.2.3). Damit die Druckrollen keine Furchen hinterlassen, müssen sie über 10 cm breit sein und ein konvexes Profil formen.

Nicht ganz unkritisch ist die beschriebene Werkzeuganordnung hinsichtlich der Verstopfung. Auf der Mehrzahl der Betriebe ist die Verunkrautung mit Quecke ein besonderes Problem. Bis Ende April hat sich dieses Ungras meist schon so weit entwickelt, daß es mit Wurzeln und Trieben jedes Bodenwerkzeug stören kann. Dazu kommt, daß Mais oft auf mehrjährigen Ackerfutterbau oder Wiesenumbruch folgt. Bei oberflächennahen Grassoden und Wurzelstöcken kommt es dann immer wieder zu Verstopfungen mit nicht vermeidbaren Verlustzeiten und Säfehlern. Starre und senkrecht stehende Werkzeuge und solche, die nicht ständig im Bodeneingriff stehen, veranlassen solche Störungen. Dagegen reinigen sich alle Zinken, Schare und Zustreicher gut, die mit einem spitzen Winkel zur Fahrtrichtung angestellt sind. Diese Feststellung gilt jedoch nur bei Fahrgeschwindigkeiten über 1,5 m/s und nicht für anmoorige Böden. Hier ist der Fahrwiderstand der Werkzeuge so gering, daß hängenbleibendes Unkraut nicht abgestreift werden kann.

Auf allen Mineralböden und bei ausreichender Fahrgeschwindigkeit ist mit den angesprochenen Werkzeugen der Sägeräte ein feinkrümeliges und dichtes Keimbett zu erzielen, auch wenn die vorausgegangene, breitflächige Saatbettvorbereitung eine rauhe Oberfläche hinterlassen hat.

4.2.2 Saatgutentnahme und Zellenfüllung

Einzelkornsägeräte sollen Körner einzeln dem Saatgutvorrat entnehmen. Sie verwenden dazu Säorgane (Lochscheiben, Zellen- oder Löffelräder), die ESTLER (31, 32, 79) ausführlich beschrieben hat. Die Erfahrungen mit den Geräten der 60-er Jahre haben gezeigt, daß sie diese Aufgabe nur unvollständig lösen können. Nur bei kalibriertem Saatgut und relativ niedrigen Fahrgeschwindigkeiten sind die Fehlstellen- und Doppelstellenanteile unter jeweils 10 % zu drücken.

Doppelt stehende Pflanzen und Fehlstellen resultieren überwiegend aus doppelt bzw. nicht belegten Zellen des Säorgans. Die Vielzahl der bekannten Säorgane (Abb. 41) ist ein Indiz dafür, daß das ideale Konzept noch nicht gefunden ist. (BRINKMANN/ESTLER (16), KÜHNBERG (55))

Bauart des Säorganes 1	Ablegeprinzip 2	Lage des Säorganes 3	Fallhöhe 4	Werkstoff des Säorganes 5	Kornbeschädigung (Bruch) 6	günstige Arbeitsgeschwindigkeit km/h 7
Lochscheibe	mechanisch	schrag oder waagerecht	mittel (bei Ablegemagazin klein)	Metall	gering	bis 7
Zellenrad	mechanisch	waagerecht	groß	Metall Kunststoff	gering	bis 8
Zellenrad	mechanisch	senkrecht	klein	Metall z.T. mit Gummizwischenring	gering bis hoch	bis 6 (bei Spezialsägeräten bis 8)
Löffelrad	mechanisch	schräg	mittel	Metall	keine	bis 5
Lochscheibe oder Lochring mit Saugluft	pneumatisch	senkrecht	mittel	Metall	keine	bis 8
Klemmfinger	mechanisch	senkrecht	mittel	Metall	unbedeutend	bis 8

Abb. 41: Bauarten und Eigenschaften verschiedener Säorgane nach ESTLER (32)

Die Einführung einer Kalibrierung der Saatgutpartien mit Rund- und Schlitzlochsieben hat die Verhältnisse insoweit

verbessert, daß die Ansprüche der Praxis nach gleichmäßiger Zellenfüllung weitgehend befriedigt werden.

Das Problem der Paarung von Säorgan und Saatgutkaliber mit allen seinen Fehlermöglichkeiten ist jedoch geblieben. Zu jedem mechanischen Sägerät werden mehrere Säorgane mit verschiedenen Loch- und Zellengrößen geliefert. Die Hersteller geben dazu Empfehlungen ab, welches Säorgan bei einem gegebenen Saatgut das gleichmäßigste Säergebnis bringt. Leider hängt die Paarung Säorgan - Saatgut aber von Imponderabilien ab, die nicht vorauszubestimmen sind. Großen Einfluß hat z.B. die Gleitfähigkeit der Körner, die von der Beizung bestimmt wird. Die einzelnen Saatgutpartien unterscheiden sich hierin sehr stark. Besonders schlecht gleitet Saatgut mit einer zusätzlichen Puderung mit Insektiziden oder einer Naßbeizung mit Vergällungsmitteln gegen Vogelfraß. Alle diese Wirkstoffe sind mit Haftmitteln vermischt, die die Haftung an den glattschaligen Maiskörnern ermöglichen, andererseits aber deren Gleitfähigkeit stark herabsetzen. Solches Saatgut führt bei der Aussaat zu Schwierigkeiten, die mit den herkömmlichen Geräten wahrscheinlich nicht gelöst werden können. Bei den beiden Versuchsgeräten trat bei zusätzlich behandeltem Saatgut regelmäßig ein höherer Bruchkorn- und Fehlstellenanteil auf.

Des weiteren wirkt sich die Fahrgeschwindigkeit auf die Zellenfüllung aus (DLG-Prüfberichte (25)). In der Regel nehmen mit höherer Geschwindigkeit die Doppelbelegungen ab und die Fehlbelegungen zu. Mit der Fahrgeschwindigkeit steigt nämlich die Umfangsgeschwindigkeit der Säorgane, so daß den Körnern immer weniger Zeit zum Besetzen der Zellen verbleibt. Von allen mechanischen Sägeräten ist bekannt, daß sie nur in einem engen Geschwindigkeitsbereich gleichmäßige Kornverteilungen bringen. Werden andere Geschwindigkeiten gewählt, müssen die Säorgane ausgetauscht werden. In der Praxis wird die Fahrgeschwindigkeit nicht so sehr nach technischen Anforderungen gewählt, sondern nach Mentalität und Verständnis der Fahrer. Beim weitverbreiteten Sägerät Eberhardt Muli 330 war ein Bereich von 1...2,5 m/s

zu beobachten, obwohl allenfalls nur ein Bereich von 1,4...2 m/s empfohlen werden kann.

Einen direkten Einfluß auf Zellenbelegung und Bruchkornanteil haben auch Abstreifer und Auswerfer. Nach SYSOLIN, LIKKEJ und IVANICA (101) werden die Körner hier mit Kräften bis 80 N belastet. Jedoch nimmt die Gefahr von Körnerbruch mit steigender Fahrgeschwindigkeit d.h. Zellenfrequenz ab.

Diese Fülle von Parametern macht die Kaliberempfehlungen der Sägerätehersteller fragwürdig, die seit 1968 mit viel Mühe herausgebracht werden. Diese Empfehlungen können nur als Anhaltspunkte dienen. Die optimale Paarung Saatgutkaliber - Säscheibe läßt sich nur durch kurze Feldproben ermitteln, bei denen unter echten Arbeitsbedingungen gefahren und die Kornverteilung durch Ausgraben der Körner ermittelt wird. Auch die Werte, die über Abdrehproben erreicht werden, sind nicht verläßlich. Bei den Versuchen lieferten die Abdrehproben Resultate, die bis zu 10 % von den am Feld erzielten abwichen. D.h., daß feldbedingte Erschütterungen und Hangneigungen einen weiteren Einfluß auf die Zellenfüllung ausüben.

4.2.3 Verteilung der Körner in der Saatrinne

Nur bei einer guten Zellenfüllung lassen sich vorbestimmte Bestandsdichten gezielt erreichen, die die Voraussetzung für hohe Erträge sind (ZSCHEISCHLER und GROSS (105)). Die Verteilung der Kornabstände in der Reihe hängt darüber hinaus noch von weiteren Faktoren ab. Im wesentlichen sind daran noch beteiligt die Fallzeiten der Körner nach dem Verlassen der Zellen, die Richtung und Geschwindigkeit, mit der die Körner in der Rinne auftreffen und wie weit diese dann noch verrollen können.

Allgemein ist die Ablagegenauigkeit ein verbreiteter Be-

urteilungsmaßstab für Einzelkornsägeräte. Sie erlaubt einen bequemen Vergleich der Geräte z.B. bei der DLG-Prüfung und liefert bei geeigneten Bewertungsregeln für die Praxis brauchbare Aussagen. Ein solcher Vergleich wurde 1968 mit 10 verschiedenen Maissägeräten durchgeführt, um einen Überblick über die Ablagegenauigkeit zu erhalten. Eingesetzt wurden die Geräte:

1: leichtes Maissägerät mit Einzelantrieb und schräg und quer zur Fahrtrichtung angeordnetem Löffelrad;

2: leichtes Maissägerät mit Einzelantrieb und schräg und quer zur Fahrtrichtung angeordnetem Löffelrad;

3: leichtes Universalsägerät mit Einzelantrieb und senkrecht stehendem Zellenrad;

4: schweres Universalsägerät mit Einzelantrieb und senkrecht stehendem Zellenrad;

5: leichtes Spezial-Maissägerät mit Verbundantrieb und schräg und quer zur Fahrtrichtung angeordnetem Löffelrad und Ablagemagazin zur Verringerung der Fallhöhe;

6: leichtes Universal-Sägerät mit Zentralantrieb und senkrecht stehendem Zellenrad mit Gummiring;

7: schweres Spezial-Maissägerät mit Einzelantrieb und schräg und quer zur Fahrtrichtung angeordneter Lochscheibe;

8: schweres gezogenes Maissägerät mit Zentralantrieb und waagrecht liegendem Zellenrad mit Becherkette zur Verringerung der Fallhöhe;

9: schweres Spezial-Maissägerät mit Zentralantrieb und großem senkrecht stehenden Zellenrad;

10: leichtes Spezial-Maissägerät mit Zentralantrieb und waagrecht liegender Lochscheibe.

Auf einem alluvialen Boden bei Freising wurden die Geräte ohne versuchstechnische Beeinflussung unter praktischen Bedingungen eingesetzt. Gefahren wurden sie von erfahrenem Personal der Gerätehersteller. Die Forderungen waren so ge-

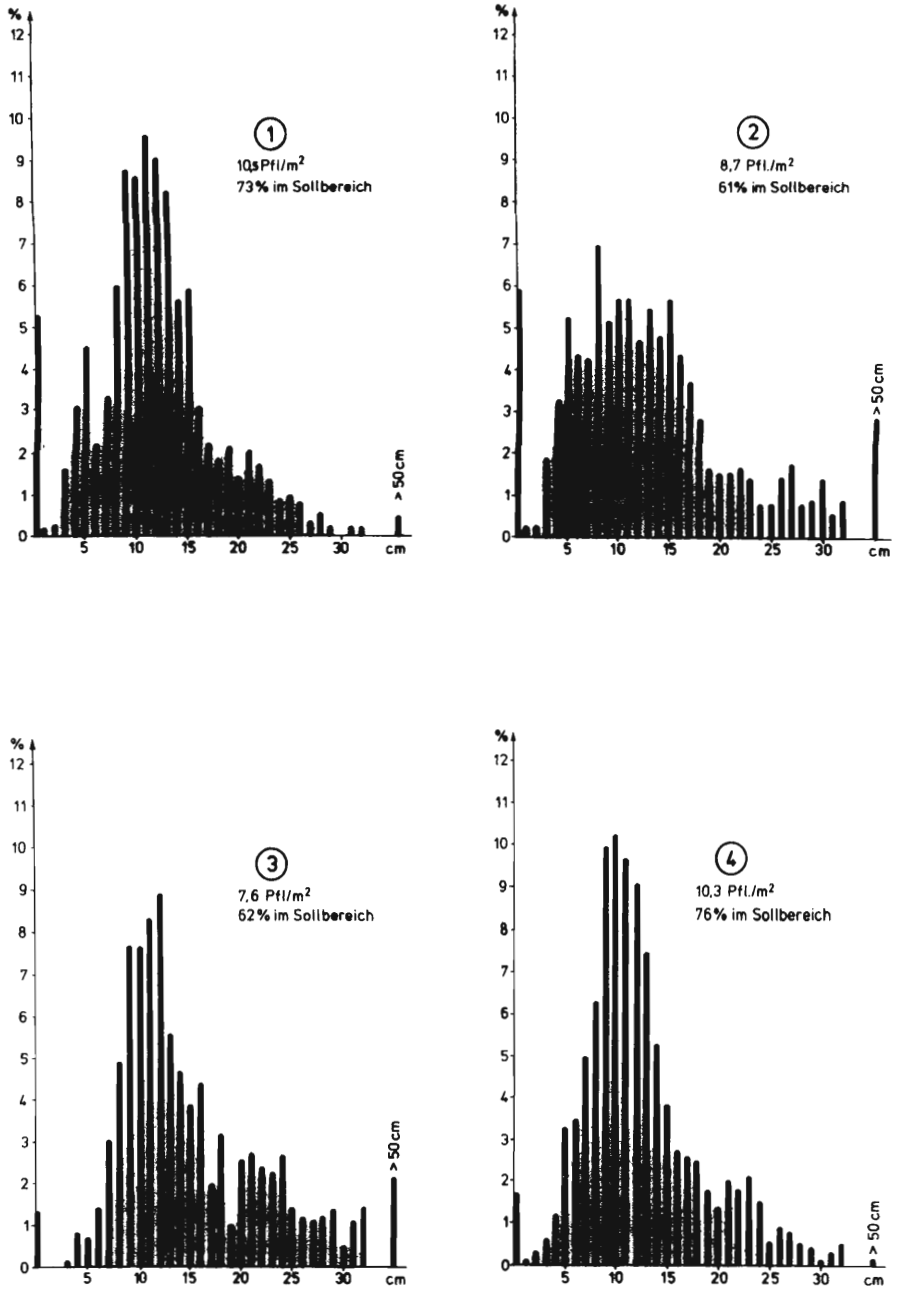
stellt, daß sie von allen Geräten erfüllt werden konnten:

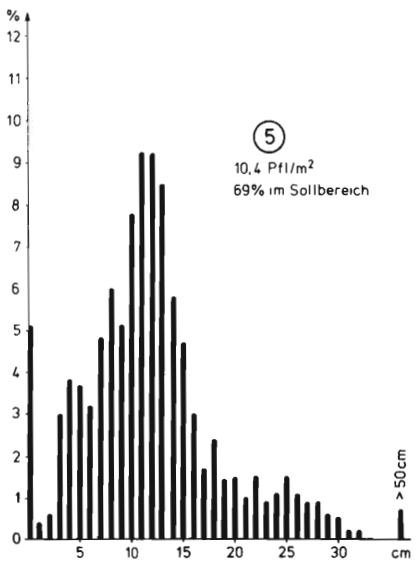
Saatgut	Inra 200 und Prior einheitlicher Kalibrierung
Saattiefe	5 cm
Bestandsdichte	11...12 Pfl/m^2
Reihenweite	75 cm
Reihendüngung	200 kg/ha mit NP-Dünger 11/52

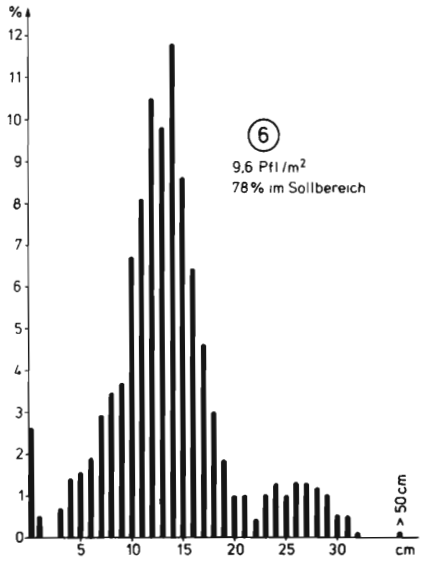
Mitte Juni wurden auf jeder Teilfläche der Pflanzenstellungen von drei 50-m-Reihen auf Papierstreifen registriert. Dabei wurden auch alle Pflanzenstellen mitgezählt, die durch Vogelfraßspuren ober abgestorbene Keimlinge zu erkennen waren.

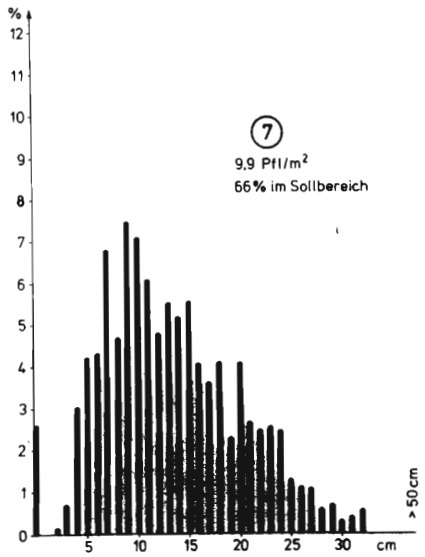
Bei der Auswertung nach der Methode von BRINKMANN (15) ergaben sich die Abstandsverteilungen, die in den Abb. 42...46 zu finden sind. Auf der Abszisse sind jeweils die Pflanzenabstände in cm-Stufen aufgetragen und auf der Ordinate die Häufigkeiten in %. Die erste Säule in 0 gibt jeweils an, wie oft der Abstand unter 1 cm vorkam. Die Abstände von 33 - 50 cm wurden zur Vereinfachung der Darstellungen weggelassen. Dagegen ist die Häufigkeit der Abstände über 50 cm angegeben, die bei einigen Geräten beachtlich oft vorkamen. Ein schlanker und hoher Säulenberg mit dem Maximum über dem geforderten Sollabstand von 11,6 cm zeigt an, daß das betreffende Gerät im Sollbereich sehr exakt abgelegt hat. Das ist der Fall bei den Geräten 4, 6 und 8.

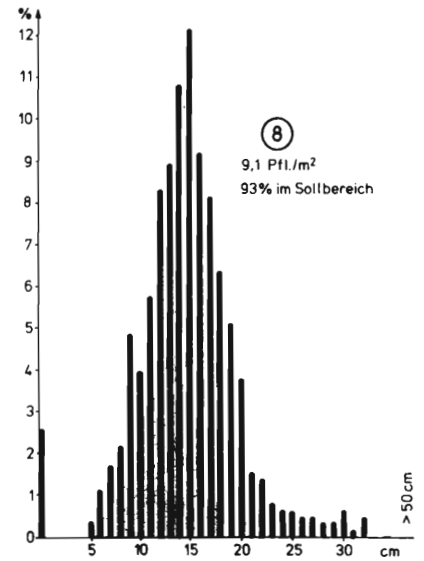
Abb. 42...46: Relative Häufigkeiten der Pflanzenabstände von 10 Maissägeräten

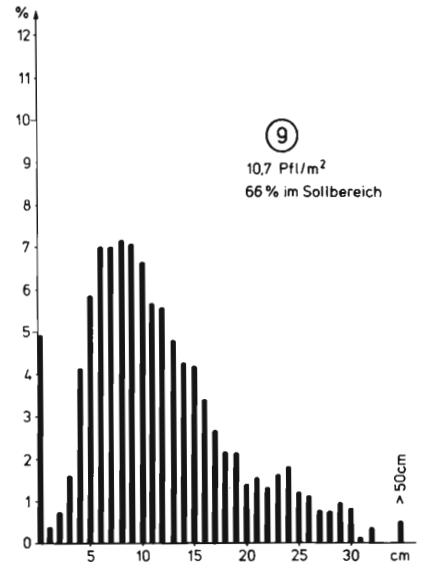


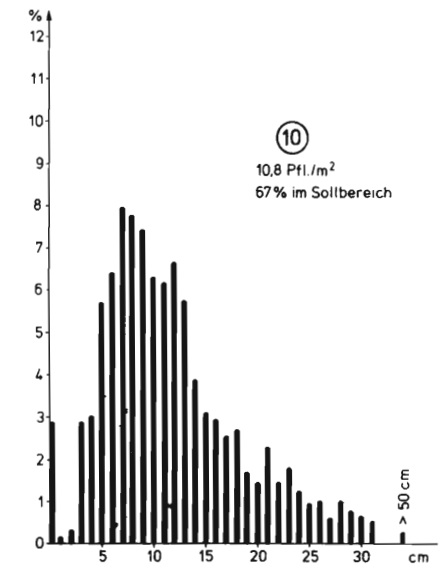

5
10,4 Pfl/m²
69% im Sollbereich
%
cm
> 50cm


6
9,6 Pfl/m²
78% im Sollbereich
%
cm
> 50cm


7
9,9 Pfl/m²
66% im Sollbereich
%
cm
> 50cm


8
9,1 Pfl./m²
93% im Sollbereich
%
cm
> 50cm


9
10,7 Pfl/m²
66% im Sollbereich
%
cm
> 50cm


10
10,8 Pfl./m²
67% im Sollbereich
%
cm
> 50cm

Zum schnellen Vergleich der Fabrikate wurden in der folgenden Tabelle 9 einige Kennzahlen zusammengefaßt.

Tabelle 9 Vergleich der Säarbeit verschiedener Sägeräte

Sägerät	Fahrtgeschwindigkeit m/s	Bestandesdichte Pfl/m^2	Häufigkeit der Abstände von 6...17 cm %
1	2	3	4
1	0,53	10,5	73
2	1,31	8,7	61
3	1,16	7,6	62
4	1,48	10,3	76
5	0,78	10,4	69
6	1,01	9,6	78
7	1,39	9,9	66
8	1,64	9,1	93
9	1,75	10,7	66
10	1,82	10,8	67

Die weit auseinanderliegenden Werte zeigen, daß von einem einheitlichen Leistungsstandard überhaupt nicht gesprochen werden kann. Insbesonders bei den Fahrgeschwindigkeiten in Spalte 2 streuen die Meßwerte sehr weit. Hier sind es die leichten und für Rübensaat konstruierten Universalsägeräte, die nur mit mäßigen Geschwindigkeiten gefahren werden können. Bei der Bestandsdichte in Spalte 3 kamen nur wenige Geräte an das Soll von 11...12 Pflanzen/m^2 heran: ein Zeichen, daß entweder die Zellenfüllung nicht lückenlos war oder die Antriebsräder mit zu hohem Schlupf liefen. Die Ablagegenauigkeit kommt in der Spalte 4 zum Ausdruck, in der die Häufigkeiten aller Abstände summiert sind, die im Bereich des 0,5...1,5 - fachen Sollabstandes lagen. Nur das Gerät 8 erreichte einen Wert über 80 %.

Für die Verbesserung der Sägeräte bleibt also noch ein grosser Raum, dabei können die folgenden Angaben als Ziele dienen. Die Fahrgeschwindigkeit sollte um 2 m/s liegen, um einen bodenbearbeitenden Effekt der Werkzeuge auch auf schwereren Böden zu erhalten. Damit kommt man in den Bereich, in dem eine Steigerung der Geschwindigkeit nur noch eine geringe Senkung des Arbeitszeitaufwandes bringt (Abb. 47). Die Bestandsdichten richten sich nach den Erfordernissen der Standorte und müssen sich zwischen 7 und 13 Pflanzen/m^2 einstellen lassen. Die Ablagegenauigkeit soll nach den Forderungen des Deutschen Maiskomitees so groß sein, daß 80 % der Pflanzenabstände innerhalb des 0,5...1,5-fachen Sollabstandes liegen. Entwicklungen in dieser Richtung sind schon auf dem Markt. (ESTLER (33), ACKER (2), DLG-Prüfberichte 2125, 2127) Gemeinsam haben diese Geräte, daß die Säorgane nicht mehr durch die Schwerkraft mit Körnern besetzt werden, sondern durch zusätzlich einwirkende Kräfte (pneumatisch befüllte Lochscheiben und Zellenräder, Klemmfinger).

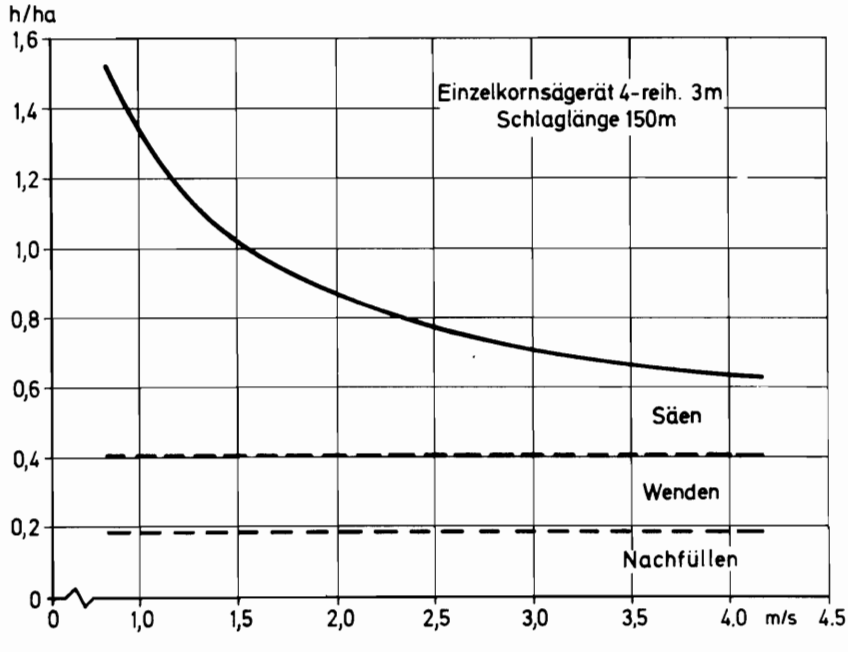


Abb. 47: Haupt- und Nebenzeit bei der Maissaat in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit

4.3 Ausrüstung für Verfahren mit verringertem Aufwand

Die Optimierung der Komponenten der Sägeräte bringt neben einer Verbesserung der Bedingungen für Pflanzen und Boden auch einen kleinen arbeitswirtschaftlichen Gewinn. Insbesondere die Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit senkt - wie der letzte Abschnitt gezeigt hat - den Arbeitszeitbedarf, was jedoch mit einem erhöhten Zugkraftbedarf verbunden ist. Ebenso führt die Leistungssteigerung über die Arbeitsbreite meist zu einer überproportionalen Ausweitung des Geräteaufwands. Echte Senkungen des Aufwandes an Maschinenkapital und Arbeitszeit müssen daher mit anderen Mitteln versucht werden. Dazu bieten sich verschiedene Koordinationen der einzelnen Arbeitseinheiten an, die beim herkömmlichen Verfahren noch in 5...6 Arbeitsgängen erledigt werden:

1. Einebnung der Pflugfurche
2. Düngung
3. Unkrautbekämpfung
4. Schädlingsbekämpfung
5. Saatbettvorbereitung
6. Aussaat.

Nur auf das Einebenen kann in bestimmten Fällen verzichtet werden, wenn die folgenden Maschinen keine Ansprüche an eine glatte Rollbahn stellen und der Unkrautwuchs mit anderen Maßnahmen sicher eingedämmt werden kann.

Die Düngung kann immer aus der Saatzeitspanne herausgenommen werden, wodurch mehr Zeit für die anderen Arbeitseinheiten frei wird. Da Mineraldünger in Mengen zwischen 200 und 1000 kg/ha benötigt wird, würde eine Zusammenlegung mit der Aussaat eine erhebliche Einbuße an Schlagkraft bringen. Auf vielen Böden ist eine PK-Düngung im Herbst möglich, und die N-Hauptgabe erfolgt in Anpassung an die Bedarfskurve besser zu einem späteren Zeitpunkt im Mai oder Juni (N-Lösungen, N-Granulate, Gülle) (RINTELEN (79) S. 89 ff). Auch die Reihendüngung mit 200 kg/ha NP-Granulat in Verbindung mit dem

Einzelkornsägerät bedeutet für viele Betriebe eine Schlagkrafteinbuße (0,3 h/ha). Deshalb wird in größeren Betrieben wieder davon abgegangen.

Die Unkrautbekämpfung hebt sich von den anderen Arbeiten dadurch ab, daß sie an einen bestimmten Bodenzustand und die Unkrautentwicklung, also an Termine gebunden ist. Schon die bisher übliche Gesaprimspritzung vor oder nach der Saat zeigte sich unelastisch hinsichtlich der Spritztermine. In der Zukunft wird sich die Unkrautbekämpfung noch weniger mit den Belangen der Bodenbearbeitung und der Aussaat verknüpfen lassen, da verschiedenen Unkrautarten gezielt begegnet werden muß. Nach BACHTHALER (79) verlangen "die auf den Ackerstandorten sehr unterschiedliche Zusammensetzung der Unkrautflora und die teils über das Blatt und teils über die Wurzel von Unkrautpflanzen aufgenommenen Herbizidwirkstoffe eine entsprechend differenzierte Einsatztechnik für die Mittel". Die Termingestaltung weist eine große und notwendige Variationsbreite auf, die sich der Abb. 48 entnehmen läßt.

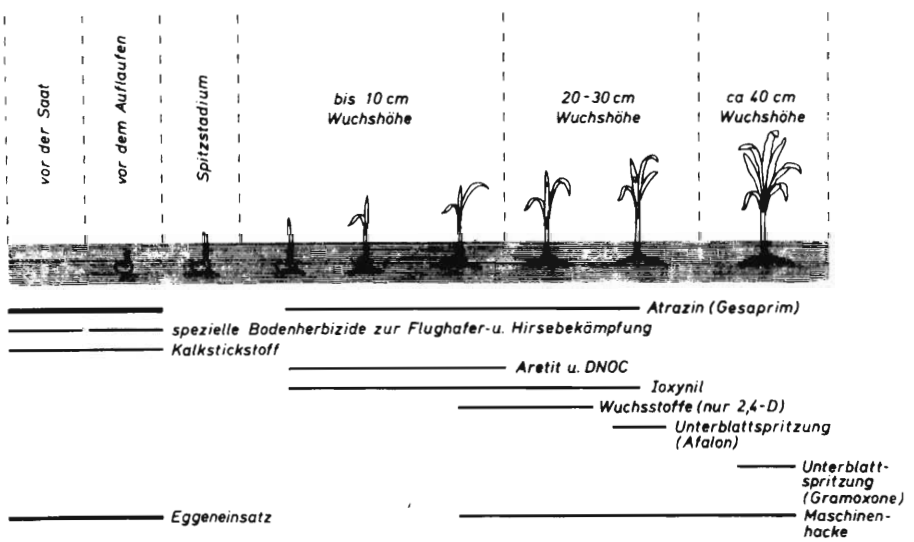


Abb. 48: Anwendungszeiten für die Verfahren der Unkrautbekämpfung in Mais (nach BACHTHALER)

Während Düngung und Unkrautbekämpfung Ansprüche an die Arbeitsausführung stellen, die sich nur schwer mit denen der anderen Arbeitseinheiten in Übereinstimmung bringen lassen, fällt das bei den restlichen Arbeiten, Schädlingsbekämpfung, Saatbettvorbereitung und Aussaat wesentlich leichter. Die Schädlingsbekämpfung mit Fungiziden und Insektiziden ist schon immer in die Aussaat integriert. Neuerungen, wie stark klebrige Beizmittel oder Granulate erfordern nur geringfügige Änderungen der technischen Ausrüstung der Verfahren.

Die Saatbettvorbereitung verlangt eine leidlich trockene Bearbeitungszone und hohe Fahrgeschwindigkeiten von 2 bis 4 m/s. Wegen der Verstopfungsgefahr bestehen Bedenken bei einer Kombination mit den Arbeitseinheiten 2, 3 und 6. Die Tendenz zu Verstopfungen ist bei feuchten Bodenverhältnissen immer gegeben, wodurch die Gleichmäßigkeit der Verteilung von Mineraldünger, Spritzmittel und Saatgut gefährdet wird.

Die Ansprüche der Bodenbearbeitung stimmen aber insgesamt gut überein mit denen der Aussaat. Lediglich bei der Fahrgeschwindigkeit bestehen für die Sägeräte nach oben Grenzen, die bisher nicht zu überwinden sind (ca. 2,5 m/s). Da bei einer Kombination von Bodenbearbeitung und Aussaat die Sägeräte das Tempo zur Zeit auf 1,5...2,0 m/s drücken, ist von den üblichen Bearbeitungsgeräten auf allen mittleren und schweren Böden des Untersuchungsgebietes kein befriedigender Effekt zu erwarten. Das gilt natürlich nicht für die angetriebenen Fräsen und Kreiseleggen, die auch bei geringer Fahrt hohe Schnittgeschwindigkeiten über 3 m/s und damit einen guten Krümelungs-, Mischungs- und Einebnungseffekt erreichen.

Nach Kenntnis der begrenzenden Faktoren für die 6 Arbeitseinheiten bieten sich verschiedene Möglichkeiten der Kombination an, um die Zahl der Arbeitsgänge zu reduzieren. Ein Beispiel für die Zusammenfassung aller 6 Arbeiten in einem

Arbeitsgang ist in Abb. 49 dargestellt, eine Gerätekombination, mit der BIRNKAMMER (110) umfangreiche Versuche angestellt hat. Sie vereint eine 4-reihige Streifenfräse mit Reihendüngerstreuern, Sägeräten und der Unkrautspritze.

Abb. 49: Mais-Bestellsämaschine "KOLONIST" der Firma Eberhardt (ESTLER)

Wegen der oben genannten Schwierigkeiten scheint es aber sinnvoll zu sein, die Unkrautbekämpfung und die Grunddüngung in gesonderten Arbeitsvorgängen innerhalb oder außerhalb des Zeitblocks für die Saat durchzuführen. Dort können sie mit heute verfügbaren Geräten mit sehr hoher Flächenleistung ausgeführt werden.

Dagegen sind von den 6 Frühjahrsarbeitseinheiten prädestiniert für die Zusammenlegung: die Einebnung der Pflugfurche, die Schädlingsbekämpfung, die Saatbettvorbereitung und die Aussaat. Gegenüber der herkömmlichen Verfahrenstechnik stellt diese Kombination allerdings höhere Anforderungen

an die Steuerfunktion der Bedienungsperson, da eine Vielzahl von Boden- und Maschinenparametern beobachtet und gesteuert werden müssen. Das Risiko einer Beeinträchtigung der Arbeitsqualität und damit des Pflanzenwachstums und der Bodenstruktur liegt höher.

4.3.1 Gerätekoppelung für Bestellung und Saat

Der einfachste Weg zur Kombination der genannten Arbeitsgänge ist die Koppelung von gezogenen Bodenbearbeitungsgeräten herkömmlicher Bauart (Grubber, Eggen, Wälzeggen) mit gezogenen Sägeräten. Dazu werden eine lange Deichsel, die über das Bodenbearbeitungsgerät hinwegreicht, und freie Hydraulikzylinder zum Ausheben der Werkzeuge benötigt (Abb. 50).

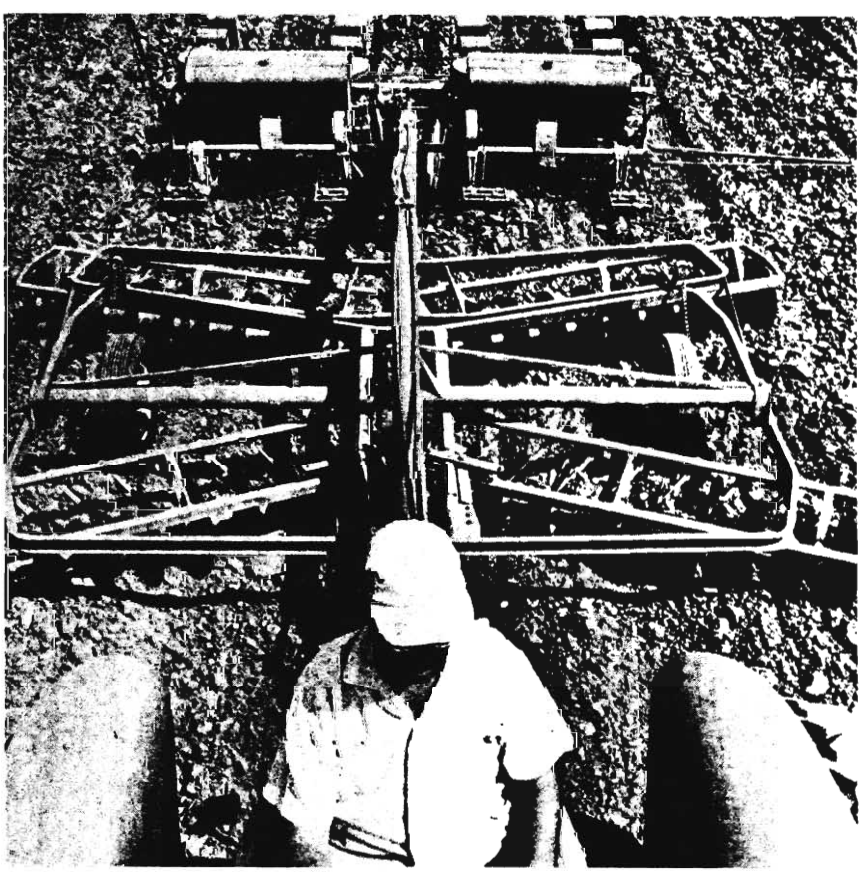


Abb. 50: Kopplung von Scheibenegge und Sägerät mit Reihendünger- und Insektizidstreuer

Die großen Gespannlängen von 6 - 8 m und der schwierige Straßentransport beschränken diese Lösungen jedoch auf Betriebe mit sehr großen Schlägen.

Für die hier üblichen Schlaggrößen weit unter 10 ha bietet sich die Lösung mit dem Geräteträger an. Der Geräteträger mit Feingrubber im Zwischenachsenanbau und einem normalen Sägerät am Heck gibt ein wendiges und kostengünstiges System. Leider kann dieses Verfahren nur für 2-reihige Arbeit eingesetzt werden, weil bis jetzt keine Geräteträger für Zugleistungen um 60 PS für 3 m Arbeitsbreite auf dem Markt sind. 3 m Arbeitsbreite mit 4 Maisreihen sind aber die Norm für den Einsatz auf den vorherrschenden Betriebsgrößen.

Insgesamt sind also die Möglichkeiten der Gerätekoppelung bei ganzflächiger Bodenbearbeitung infolge des hohen Zugkraftbedarfes und der schwierigen Rüstarbeiten sehr eingeschränkt.

4.3.2 Aussaat mit Streifenbearbeitung

Da es jedoch, wie im Abschnitt 3.2.4 erläutert, aus verschiedenen Gründen nicht nötig erscheint, den Boden breitflächig zu bearbeiten, kann die Saatbettvorbereitung auf einen 20...30 cm breiten Pflanzenstreifen reduziert werden. Diese Maßnahme beschränkt die intensive Bodenbearbeitung auf 30...50 % der Gesamtfläche und ist daher geeignet, den Aufwand an Zugarbeit und Bodenwerkzeugen erheblich zu senken. Für die Realisierung der Streifenbearbeitung zusammen mit der Aussaat gibt es eine Reihe von Möglichkeiten. Sie wurden von ESTLER (32) folgendermaßen eingeteilt (Abb. 51):

Verfahren 1 verwendet eine Ackerfräse, die durch Entfernen einzelner Werkzeugkränze nur schmale Streifen bearbeitet. Das Sägerät ist beweglich mit der Fräse verbunden.

Verfahren 2 stellt die in Abb. 49 gezeigte Kombination

(Streifenfräse, Unkrautspritze, Düngerstreuer und Sägerät) dar, die auch die Düngung und Unkrautbekämpfung mit einbezieht.

Verfahren 3 zeigt eine Lösung mit nichtangetriebenen Lockerungswerkzeugen am Geräteträger, wobei die Motorleistung für eine 4-reihige Arbeit gerade noch ausreicht.

Beim Verfahren 4 sind die nichtangetriebenen Bearbeitungswerkzeuge am Sägerät angelenkt, damit ein Standardschlepper verwendet werden kann.

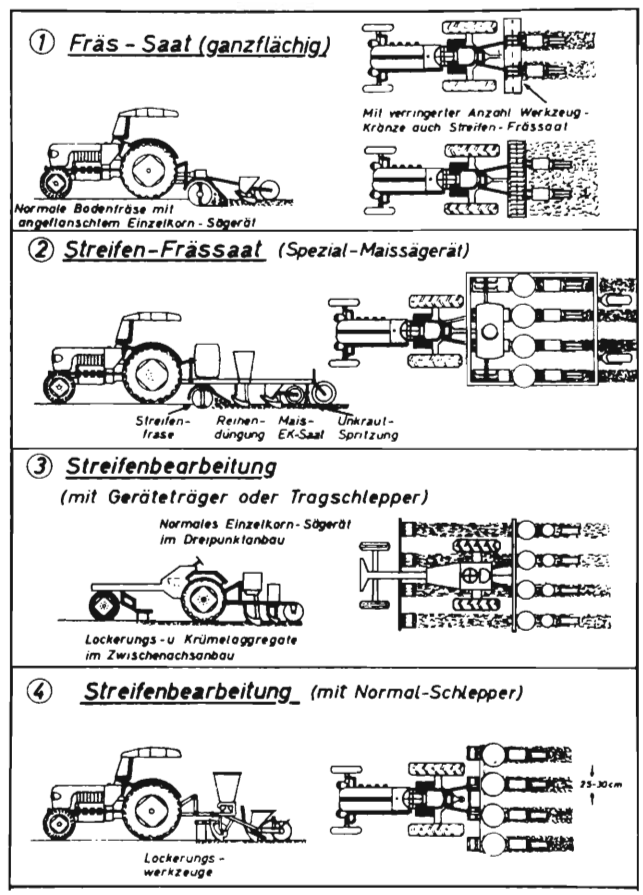


Abb. 51: Technische Lösungen für Streifenbearbeitung und Aussaat in einem Arbeitsgang (nach ESTLER)

Alle diese Verfahren kommen mit kurzen Baulängen aus, so daß die Gerätekombinationen an Schleppern angebaut oder aufgesattelt werden können. Die Verfahren 1, 3 und 4 wur-

den für die pflanzenbaulichen Untersuchungen des Abschnitts 3 eingesetzt. Die benötigten Geräte und Werkzeuge wurden in umfangreichen Tastversuchen entwickelt.

Der Bearbeitungserfolg wird von der Anordnung und Ausbildung der Streifenwerkzeuge bestimmt. Im Gegensatz zur breitflächigen Bearbeitung müssen solche schmalen Werkzeuge sehr dicht vor den Sägeräten laufen, damit sie auch am Hang mit den Säscharen fluchten. Zweckmäßig ist die Anbringung der Werkzeuge nur 50...100 cm vor den Scharen. Beträgt der Abstand mehr als 2 m, wie bei den Verfahren 2 und 3, dann sind die Geräte nur noch für ebene Lagen geeignet.

Zur Klärung der Frage, welche nichtangetriebenen Werkzeugformen ausreichende Zerkleinerung, Mischung und Nivellierung auf Pflugfurchen erreichen, wurden mehrere Varianten erprobt. Zur Anwendung kamen starre und gefederte Zinken, Draht- und Flachsternwälzeggen an verschiedenen Sägeräten und zwischen den Achsen eines Tragschleppers (Abb. 52 bis 56).

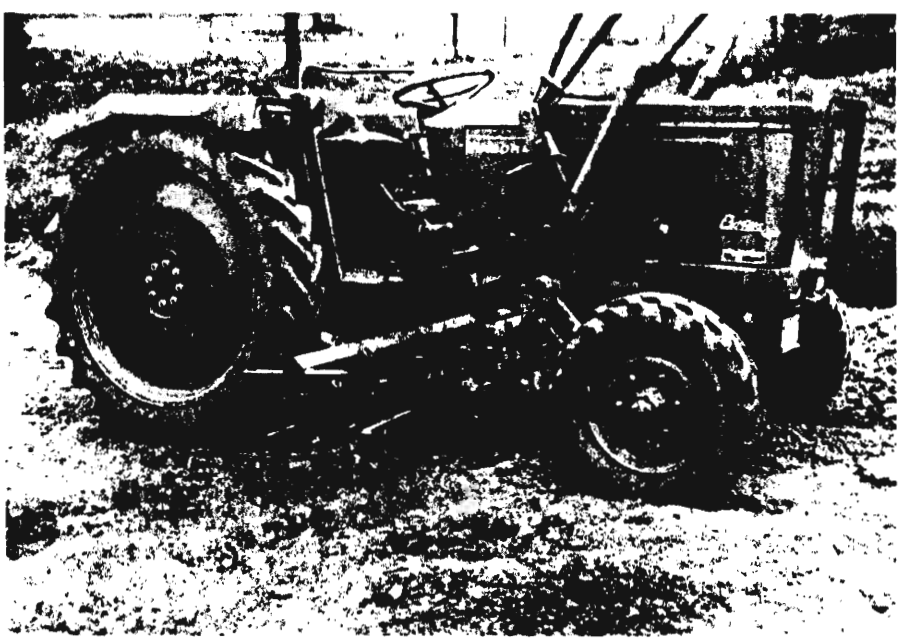


Abb. 52: Streifenwerkzeuge im Anbauraum zwischen den Achsen eines Tragschleppers

Bei diesen Tests schieden jedoch alle Wälzeggen bald aus, weil sie im zulässigen Fahrgeschwindigkeitsbereich von 1,5...2 m/s grobe Schollen nicht zerteilen konnten. Auch in der Kombination mit Zinkenfeldern befriedigten sie nicht, weil sie stark zur Verstopfung neigten (Abb. 53 und 54).

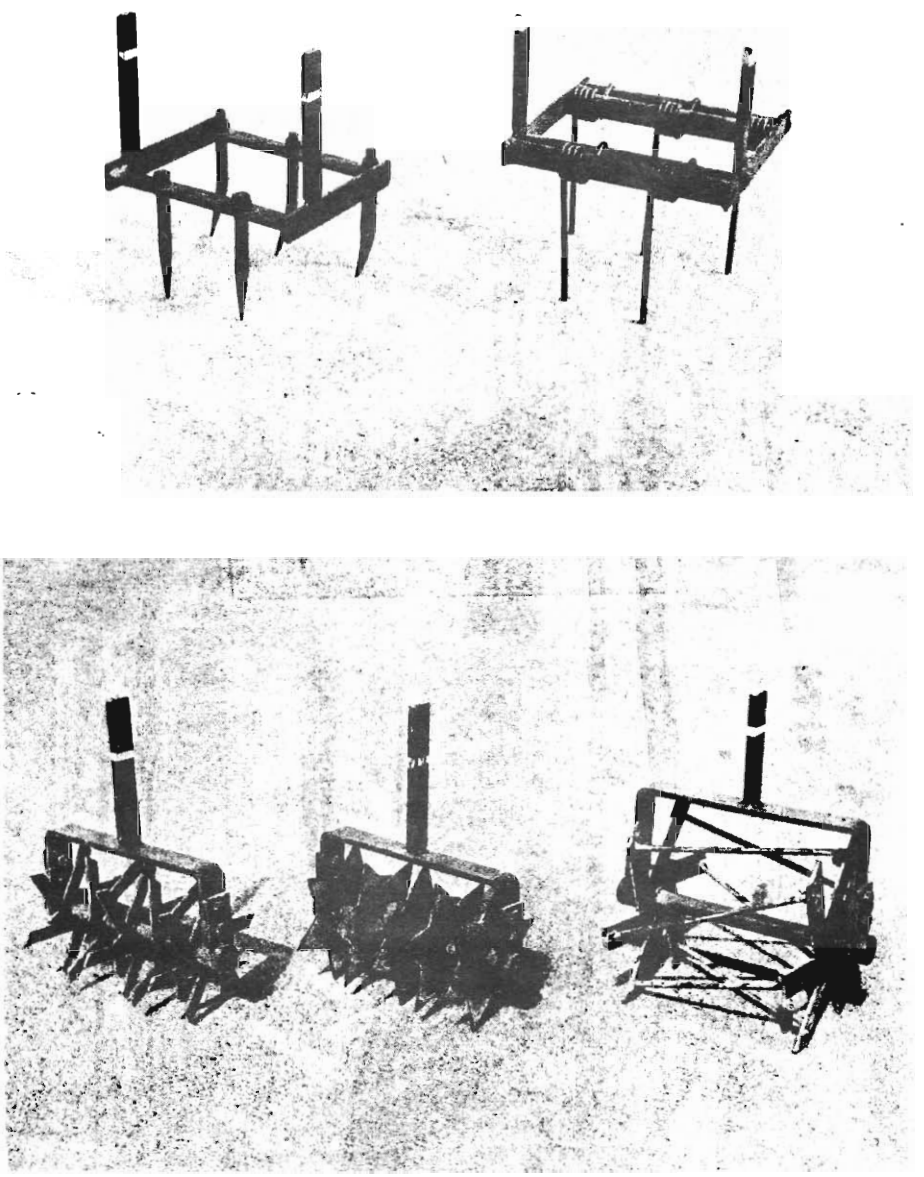


Abb. 53/54: Versuchswerkzeuge für die Streifenbearbeitung zum Anbau an Sägeräten und Tragschleppern

Durchwegs bessere Wirkungen zeigten dagegen alle Zinkenwerkzeuge. Hier überzeugten vor allem die gefederten Zinken, weil sie gegenüber den starren eine bessere Zerkleinerung brachten und weniger leicht verstopften. Ein Optimum wurde dann erreicht, wenn die Zinken während der Fahrt einen Winkel von ca. 60° zur Fahrtrichtung bildeten. Größere Winkel erhöhten das Verstopfungsrisiko, kleinere verminderten den Zerkleinerungseffekt.

Auf leichten bis mittelschweren Böden war schon mit wenigen Zinken eine ausreichende Wirkung zu erzielen. Dadurch konnten die Eggenfelder auf 4 oder 5 Zinken mit 5 cm Strichabstand beschränkt werden und waren sehr einfach am Sägeräterahmen anzubringen.

Für die pflanzenbaulichen Versuche im Abschnitt 3 wurden zwei Versionen gebaut. Bei einem Sägerät bestand das Eggenfeld aus 5 Zinken (Ø 6 mm) auf 3 Holmen. Dieses Feld war vor dem Düngerschar so am Sägeräterahmen angelenkt, daß es bei Hindernissen nach oben ausweichen und damit weniger verstopfen konnte (Abb. 55).

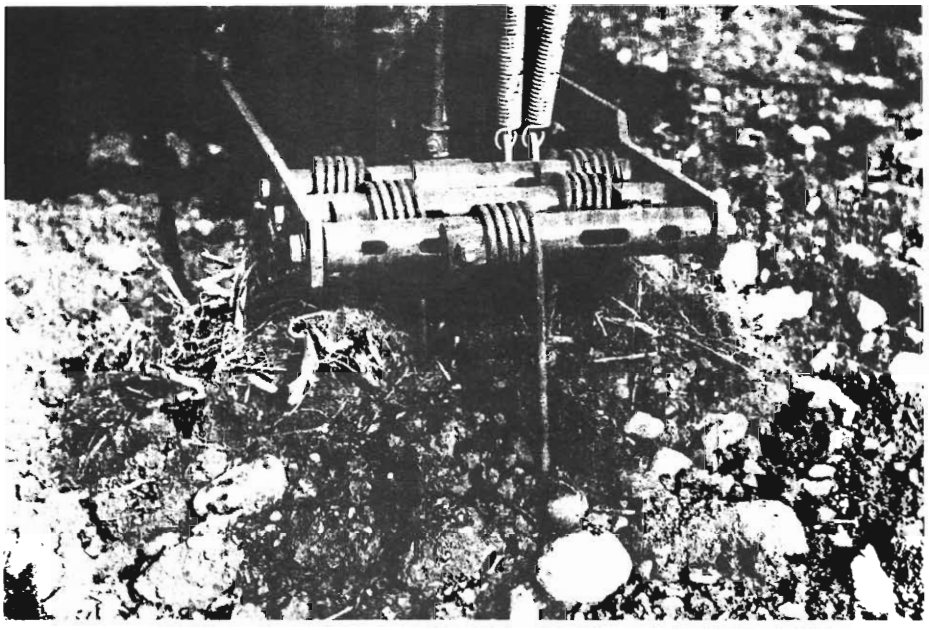


Abb. 55: Streifenbearbeitungswerkzeug vor dem Düngerschar, bestehend aus einem beweglichen Rahmen mit 5 Federzinken an 3 Holmen

Auf leichten Böden pflügte diese Anordnung den Boden jedoch zu stark auseinander, wobei seichte Furchen entstehen konnten. Deshalb wurden bei einem anderen Sägerät nur noch 2 Holme mit je 2 Zinken (Ø 10 mm) besetzt. Diese Zinkenzahl reichte bei Fahrgeschwindigkeiten über 1,8 m/s aus. Der eventuell zur Seite geschleuderte Boden wurde mit 2 Zustreichern in der Höhe des Düngerschars wieder nach innen geschlagen. Diese Anordnung bewährte sich vor allem auf sandigen Lehmböden (Abb. 56).

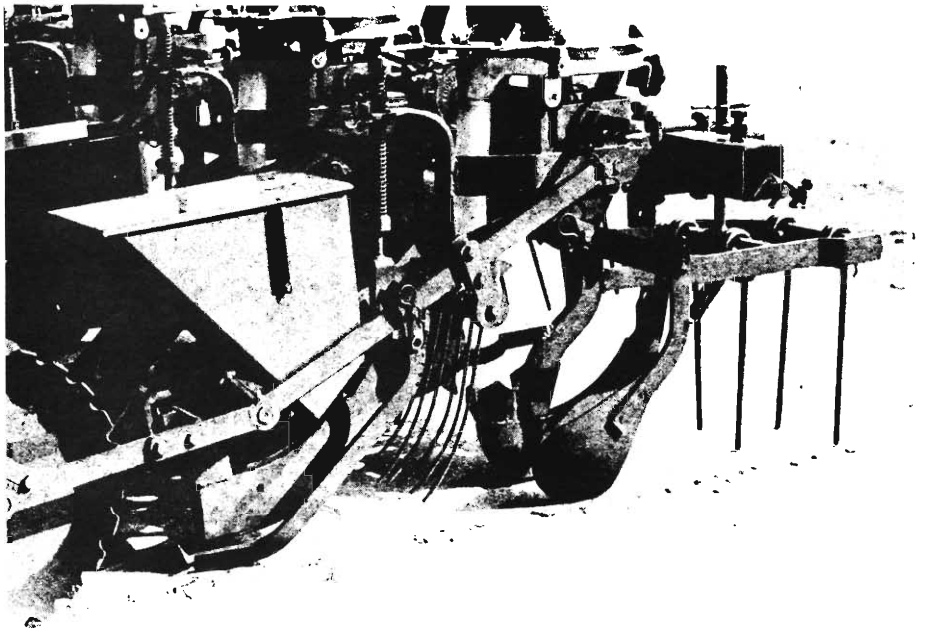


Abb. 56: Sägerät mit Ausrüstung zur Streifenbearbeitung vor dem Düngerschar: 2 x 2 gefederte Zinken, Zustreicher und Klutenkamm

Ein gewisses Problem bildeten die Kluten, die nach einer groben Bearbeitung vorherrschen und vom Pflanzenstreifen ferngehalten werden sollten. Eine Zerkleinerung läßt sich kaum erreichen, weil dazu die Fahrgeschwindigkeiten zu niedrig liegen. Eine Räumung mit festen Klutenräumern kann nicht abhelfen, weil dabei vor den Scharen Furchen entstehen. Dagegen hat sich ein Rechen aus 5 mm dicken Zin-

ken gut bewährt, der kurz vor dem Säschar angebracht wird (Abb. 56). Bei sehr flacher Anstellung staut er den Boden nicht auf, sondern nivelliert ihn auf einem schmalen Streifen. Hindernisse wie Kluten und Steine bauen sich kurz vor dem Rechen auf, um dann seitlich und darunter abzufließen. Dieser Rechen arbeitet besser als starre Klutenräumer, weil er zusätzlich noch krümeln und andrücken kann. Nur auf sehr bindigen Böden begünstigt er die Anlagerung von Material an den Scharwangen, so daß der Boden nicht mehr in der gewünschten Weise um das Säschar fließen kann.

Für die Arbeit auf Pflugfurchen war damit eine Werkzeuganordnung gefunden, die sich allen Verhältnissen mit Ausnahme der schweren Ton- und Lehmböden gut anpassen ließ.

4.3.3 Frässaat und Dammsaat

Wie schon angedeutet, erreichen nicht angetriebene Werkzeuge auf schweren und feuchten Böden nie eine befriedigende Wirkung, weil die durch die Sägeräte begrenzten Fahrgeschwindigkeiten zu niedrig liegen. Abhilfe können folglich Rüttel-, Kreiseleggen und Fräsen bringen, die Schnittgeschwindigkeiten von 3...5 m/s erzielen.

Um auch hierüber Klarheit zu gewinnen, wurde für die pflanzenbaulichen Untersuchungen des Abschnitts 3.2 eine Maschinenkombination gebaut, mit der sich die Frässaat, die Streifenfrässaat oder die Dammsaat alternativ durchführen ließen. Diese bestand aus drei Teilen: einer schweren Ackerfräse, einem Rahmen mit zwei Packern und zwei Einzelkornsägeräten (Abb. 57).

Die Ackerfräse konnte in drei Varianten arbeiten:

1. Die Rotorwelle ließ sich mit sieben Werkzeugkränzen einsetzen und bearbeitete dann die ganze Fläche in 1,5 m Breite (Frässaat);

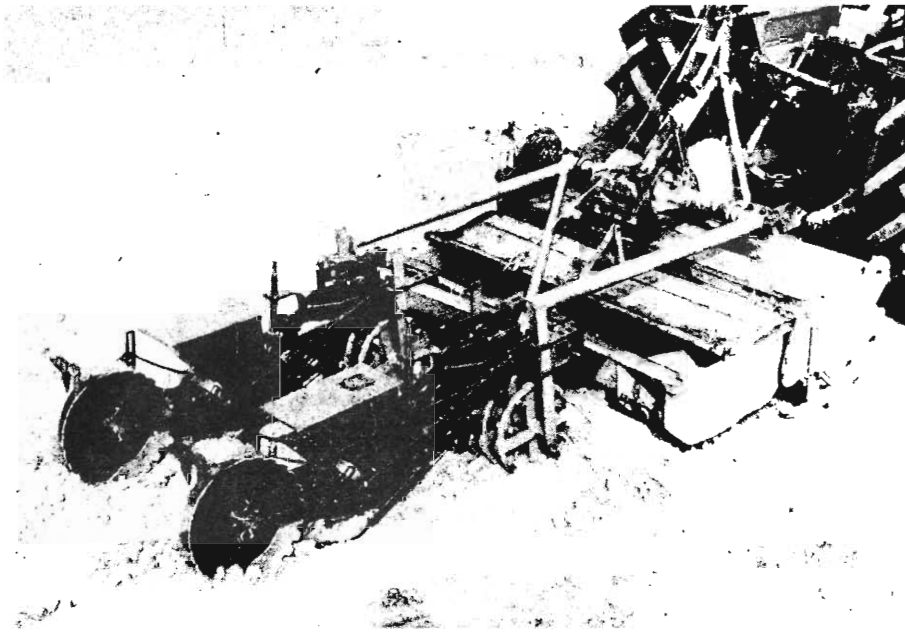


Abb. 57: Gesamtansicht der Kombination Fräse-Packer-Sägerät

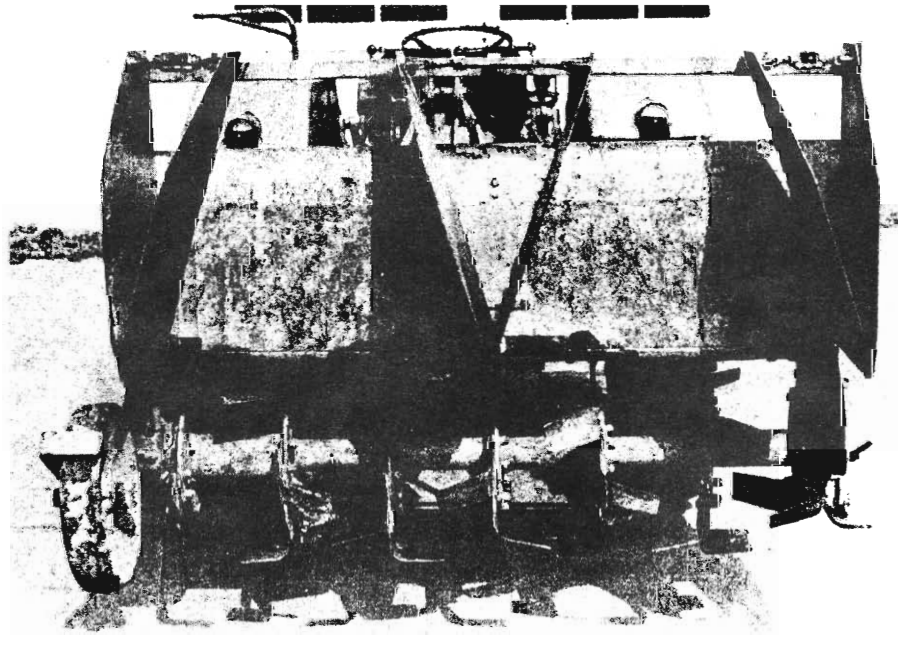


Abb. 58: Fräse mit hochgeklapptem Prallblech und verstellbaren Bodenleitblechen zur Dammformung

2. durch Herausnehmen von drei Werkzeugkränzen und Montage von vier Bodenleitblechen an der Prallplatte wurden nur zwei Streifen von je 50 cm Breite bearbeitet (Streifenfrässaat);

3. durch Fräsen mit voller Arbeitsbreite und Verstellung der Bodenleitbleche konnten zwei Dämme geformt werden, die nach der Verdichtung noch ca. 20 cm hoch waren (Dammsaat, Abb. 58).

Bei dieser Fräse war die Abstimmung auf Bodenart und Bodenfeuchte bei vorgegebener Fahrgeschwindigkeit von 1,4 m/s dadurch möglich, daß ein ungewöhnlich großer Drehzahlbereich von 120...450 Upm zur Verfügung stand. Dadurch ließen sich die Bissengrößen zwischen 20 und 100 mm wählen.

Da sich lockerer Boden hinter einer Fräse nur nach zusätzlicher Verdichtung für die Maiskeimung eignet, mußte er auf der kurzen Strecke zwischen Prallblech und Sägerät in Saattiefe verdichtet werden. Die zunächst verwendeten Drahtwälzeggen waren fast wirkungslos. Besser haben sich schwere Packer aus drei losen Ringen mit 30 cm Arbeitsbreite bewährt (Abb. 59). Diese Packer wurden über einen Rahmen beweglich an das Antriebswellengehäuse der Fräse angebaut und trugen die Rahmen der Sägeräte.

Die Sägeräte waren wiederum am Rahmen der Packer so angelenkt, daß sie vertikale und geringe horizontale Bewegungen ausführen konnten. Der unmittelbare Anbau an die Fräse hatte sich als ungeeignet erwiesen, weil die heftigen Erschütterungen die Säarbeit stark beeinträchtigen. Die Beweglichkeit der drei Teile der Kombination (ca. $\pm$ 10°) ermöglichte die gute Anpassung an unebene Pflugfurchen und die ruhige Führung der Sägeräte.

Zum Wenden und zum Transport wurde die 2,9 m lange Kombination dadurch genügend ausgehoben, daß der Packerrahmen über Zugseil und Rolle gegenüber der Fräse höher gezogen wurde (Abb. 57). Wegen der weiten Ausladung war dazu ein

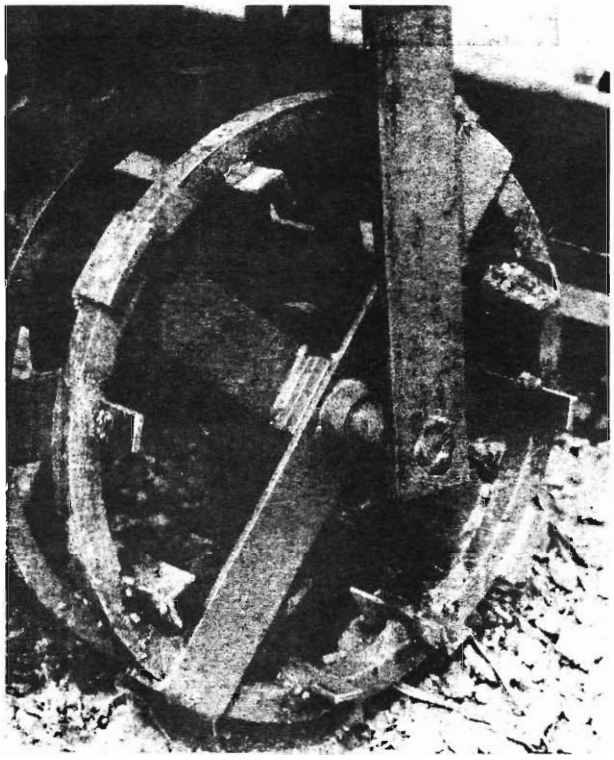


Abb. 59: Packer zur Verdichtung des lockeren Dammgefüges hinter der Fräse

schwerer Schlepper mit einer Hubkraft von 2500 kp an den Kupplungspunkten der Unterlenker nötig. Zum Betrieb selbst genügten mittlere Motorleistungen des Schleppers, wie sie aus der Tabelle 10 hervorgehen.

Der Zugwiderstand wurde mit rund 600 kp (± 200) ermittelt, so daß zu dem genannten Leistungsbedarf an der Zapfwelle noch 10...15 PS für die Zugleistung dazukommen.

Diese Kombination war auch gut für die D a m m s a a t zu verwenden, wenn bei voller Werkzeugbesetzung die Arbeitstiefe etwas größer gewählt und die Bodenleitbleche stärker angestellt wurden. So konnten auf beliebigen Ackeroberflächen (Gras, Stoppel, Zwischenfrucht und Pflugfurche) Dämme aus feinkrümeligem Boden geformt werden, die von den Packern soweit verdichtet wurden, daß sich ausgewogene Temperatur- und Wasserverhältnisse für die Pflanzen einstellen konnten.

Tabelle 10 Messung des Leistungsbedarfs der Ackerfräse

Bodenart	Bodenfeuchte	Werkzeugkränze 7 mit	7 ohne	2 x 2 mit	2 x 2 ohne
		Leitbleche			
	Vol.-%	PS	PS	PS	PS
sandiger Lehm	24,5	32,5	26,2	19,3	15,7
lehmiger Sand	21,4	30,8	24,1	18,4	14,3
i.M.		31,6	25,1	18,8	15,0
relativ %		100	79,5	59,6	47,4

Bodenzustand: rauhe Winterfurche
Fahrgeschwindigkeit 1,4...1,5 m/s
Drehzahl der Fräswelle: 225 Upm (Zapfwelle 540 Upm)
Arbeitstiefe ca. 14 cm
Fahrstrecke je Teilstück 2 mal 120 m

Versuche, die Dämme mit Häufelkörpern zu formen (Abb. 60) wurden den Pflanzenansprüchen nicht gerecht. Mit den im Kartoffelbau üblichen Anstellwinkeln der Schare wurde zuviel feuchter Boden an die Oberfläche gebracht, der dort zu Kluten verhärtete. Bei flacherer Anstellung schoben die Streichbleche den trockenen Boden der Oberfläche zusammen und entmischten ihn dabei. In die Mitte der Dämme kamen so die trockenen Kluten zu liegen, die ein denkbar schlechtes Saatbett abgaben. Eine mechanische Verdichtung dieser Zone war gerade in Dammitte am schlechtesten zu erreichen.

Die Anbringung der Häufelkörper am Sägeräterahmen erhöhte die Verstopfungsgefahr wegen der engen räumlichen Verhältnisse ganz erheblich. Die Verwendung der Häufelkörper kommt aber auch deshalb nicht in Betracht, weil sie nur auf bearbeitetem Boden, also z.B. nicht auf einer Pflugfurche, arbeiten können. Ein zusätzlicher Arbeitsgang zur Einebnung der Pflugfurchen einige Tage oder Wochen vor der

Saat würde den Aufwand nur erhöhen und ist vom pflanzenbaulichen Erfolg dieser Maßnahme kaum zu rechtfertigen.

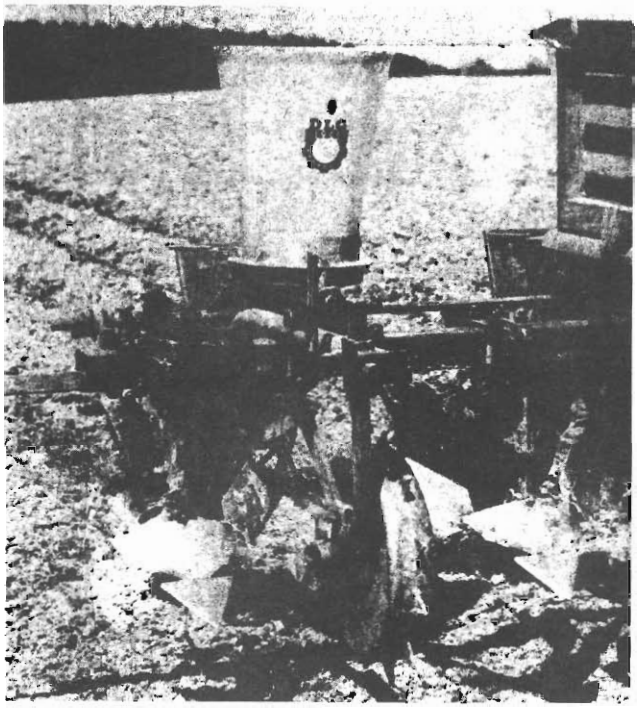


Abb. 60: 4-reihiges Versuchsgerät für die Dammsaat mit Häufelkörpern zur Dammformung

4.4 Arbeitszeitbedarf und Schlagkraft der Verfahren mit verringertem Aufwand

Neben den pflanzenbaulichen Aspekten neuer Arbeitsverfahren interessieren vor allem die arbeitswirtschaftlichen Auswirkungen. Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden in den folgenden Kalkulationen Standardwerte aus den KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft (107) und der Datensammlung für die landwirtschaftliche Beratung in Bayern (109) verwendet, die um Meßwerte von den Versuchsgeräten ergänzt wurden.

Für die Vergleiche wurden unterstellt: eine Schlaglänge von 150 m, eine Feldentfernung von 1 km und ein Gangbesatz mit 1 AK und 1 Schlepper. In den folgenden Verfahren werden an Einzelarbeiten verrichtet:

1. die Einebnung der Pflugfurche,
2. die Düngung mit Mineraldünger,
3. die Unkrautbekämpfung mit der Flächenspritzung,
4. die Schädlingsbekämpfung mit Fungiziden und Insektiziden,
5. die Saatbettvorbereitung,
6. die Aussaat.

Verfahren A

ist das mit Abstand am weitesten verbreitete Verfahren, bei dem 5 Arbeitsgänge mit Einzelgeräten benötigt werden. Lediglich die Schädlingsbekämpfung wird mit der Aussaat in einem 4-reihigen Sägerät kombiniert. Die Einebnung der Pflugfurche erfolgt mit der Schleppe, die Düngung mit dem Schleuderstreuer, die Unkrautbekämpfung mit der Flächenspritze und die Saatbettvorbereitung mit einer Kombination aus Feingrubber und Wälzegge.

Arbeitszeitbedarf: (GAZ)

1.	Einebnen Arbeitsbreite 3 m; v = 7 km/h	0,8 AKh/ha
2.	Düngung NPK 1 t/ha Sackware Arbeitsbreite 8 m	1,1 AKh/ha
3.	Unkrautbekämpfung Arbeitsbreite 9 m; Aufwand 400 l/ha	0,8 AKh/ha
5.	Saatbettvorbereitung Arbeitsbreite 2,5 m; v = 9 km/h	0,9 AKh/ha
4+6.	Aussaat mit Schädlingsbekämpfung Arbeitsbreite 3 m; v = 5 km/h	1,2 AKh/ha
	Summe	4,8 AKh/ha

Verfahren B

verzichtet auf 3 Arbeitsgänge und faßt die Einebnung der Furche und die Saatbettvorbereitung in Form der Streifenbearbeitung mit festen Werkzeugen zu einem Arbeitsgang mit der Aussaat zusammen. Die PK-Düngung wird auf den Herbst verlegt, so daß nur mehr die N-Reihendüngung mit 30 kg N zur Saat gegeben wird. Wegen der nicht angetriebenen Streifenwerkzeuge ist dieses Verfahren nur auf leichten bis mittleren Böden einsetzbar.

Arbeitszeitbedarf: (GAZ)

1+4+5+6.	Streifenbearbeitung mit Aussaat, Schädlingsbekämpfung und Reihendüngung Arbeitsbreite 3 m; v = 7 km/h	1,3 AKh/ha
3.	Unkrautbekämpfung	0,8 AKh/ha
	Summe	2,1 AKh/ha

Verfahren C

verwendet die vorgestellte 2-reihige Frässaatkombination und kann daher auch auf schweren Böden angewandt werden. Es kommt ebenfalls mit 2 Arbeitsgängen für die Bodenvorbereitung und Aussaat sowie für die Unkrautspritzung aus.

Arbeitszeitbedarf: (GAZ)

1+4+5+6.	Frässaat mit Schädlingsbekämpfung und Reihendüngung Arbeitsbreite 1,5 m; v = 5 km/h	2,6 AKh/ha
3.	Unkrautbekämpfung	0,8 AKh/ha
	Summe	3,4 AKh/ha

Verfahren D

verwendet eine auf 4 Reihen erweiterte Frässaatkombination als aufgesattelte Maschine hinter einem 100 PS-Schlepper.

Arbeitszeitbedarf: (GAZ)

1+4+5+6.	Streifenfrässaat mit Schädlingsbekämpfung und Reihensaat Arbeitsbreite 3 m; v = 5 km/h	1,5 AKh/ha
3.	Unkrautbekämpfung	0,8 AKh/ha
	Summe	2,3 AKh/ha

Ein Vergleich der genannten Verfahren (Abb. 61) zeigt, daß sich der Arbeitszeitaufwand erheblich senken läßt. Durch den Fortfall der aufwendigen Bodenvorbereitung und die Verlegung der Grunddüngung auf den Herbst wird der Arbeits-

zeitbedarf für die Frühjahrsarbeiten etwa auf die Hälfte reduziert. Eine weitere Senkung läßt sich mit dem Verfahren D erreichen, das aber wegen der aufgesattelten Fräse einen relativ großen technischen Mehraufwand erfordert.

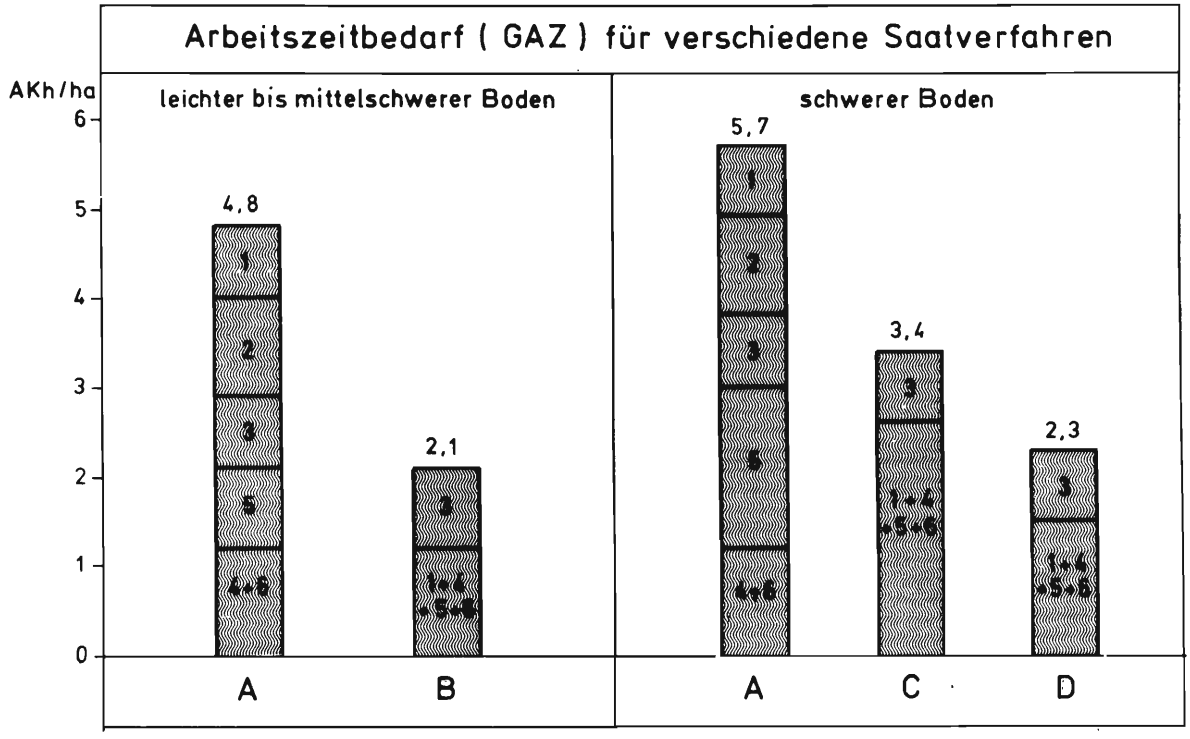


Abb. 61: Arbeitszeitbedarf für verschiedene Verfahren der Maisbestellung; die in den Säulen eingetragenen Zahlen bezeichnen die einzelnen Arbeiten

In dem für die Maissaat zur Verfügung stehenden Zeitraum von Mitte April bis Anfang Mai (ZEISCHLER/GROSS 105) läßt die Witterung nur 5 - 12 Tage für die Arbeit auf dem Acker zu. Der Schlagkraft bei der Maisbestellung kommt daher für Betriebe mit großen Maisflächen und bei mehrbetrieblich genutzten Maschinen eine große Bedeutung zu. Zur Verbesserung bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Dabei ist es als günstig anzusehen, daß alle anfallenden Einzelarbeiten nahezu gleichzeitig ausgeführt werden können. Eine entsprechende Vergrößerung der AK- und Schlepperzahl steigert daher im gleichen Ausmaß die Schlagkraft der Verfahren.

Ebenso kann die Vergrößerung der Arbeitsbreiten und der Fahrgeschwindigkeiten die Flächenleistung steigern (Abb. 62). Während der Standard heute bei 3 m Arbeitsbreite und 5 km/h Fahrgeschwindigkeit liegt, scheint nach dem Stand der Technik eine Steigerung auf 6 m und 8 km/h möglich. Breitere Geräte können sich den Unebenheiten der Ackeroberflächen nicht mehr anpassen, und höhere Fahrgeschwindigkeiten machen bei den verlangten Bestandsdichten eine Einzelkornablage unmöglich. Immerhin lassen sich mit den genannten Grenzwerten die Ausführungszeiten bei 300 m Feldlänge von derzeit 1,0 auf 0,6 bzw. auf 0,75 h/ha senken, und wenn beide Parameter ausgenutzt werden, sogar auf 0,5 h/ha.

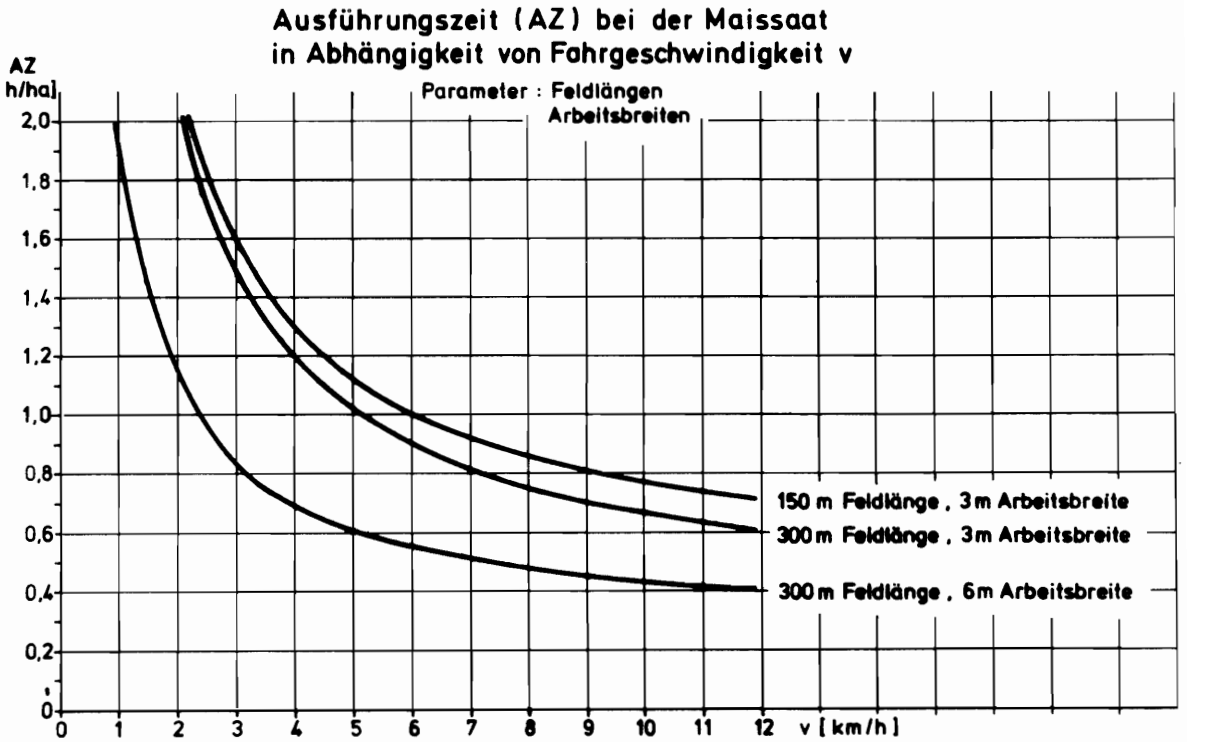


Abb. 62: Ausführungszeit für die Maissaat in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

Ähnliche Verbesserungen lassen sich mit den Spezialmaschinen erreichen, mit denen die Verfahren B, C und D ausgestattet sind. Unterstellt man eine verfügbare Arbeitszeitspanne

von 50 Stunden und betrachtet nur die unmittelbar zum Saattermin erforderliche Saatbettvorbereitung und Aussaat, dann lassen sich aus den Arbeitsbedarfszahlen für die o.g. Verfahren Saisonleistungen pro AK berechnen, die in Tabelle 11 aufgeführt sind. Danach bringt auf leichten bis mittleren Böden das Verfahren B (Streifenbearbeitung mit Aussaat) und auf schweren Böden das Verfahren D mit der 4-reihigen Streifenfrässaat die größten Flächenleistungen.

Tabelle 11 Saisonleistung verschiedener Saatverfahren in ha/50 h

Verfahren	1 AK 1-facher Maschinensatz		2 AK 2-facher Maschinensatz	
	leichter - mittl. Boden	schwerer Boden	leichter - mittl. Boden	schwerer Boden
A	24	17	42	28
B	38	-	77	-
C	19	19	38	38
D	33	33	67	67

Beim Vergleich der Verfahren muß auch der Gesichtspunkt der Bodenschonung beachtet werden, auch wenn diese sich nur schlecht quantifizieren läßt. Unmittelbaren Einfluß haben hier die Radspuren von Schleppern und Geräten, die als Fahrstrecken für jedes Verfahren in Abb. 63 ausgewiesen sind. Dazu ist anzumerken, daß schon 15 km Fahrstrecke eines 50-PS-Schleppers genügen, um eine Fläche von 1 ha mindestens einmal zu überrollen. Im Untersuchungsgebiet hat das wegen der zum Saattermin vorherrschenden hohen Bodenfeuchten im allgemeinen negative Auswirkungen auf die Bodenstruktur. Mit dem Verfahren B, C, D kann diese Beeinträchtigung auf weniger als die Hälfte des Ausmaßes bei dem herkömmlichen Verfahren A reduziert werden.

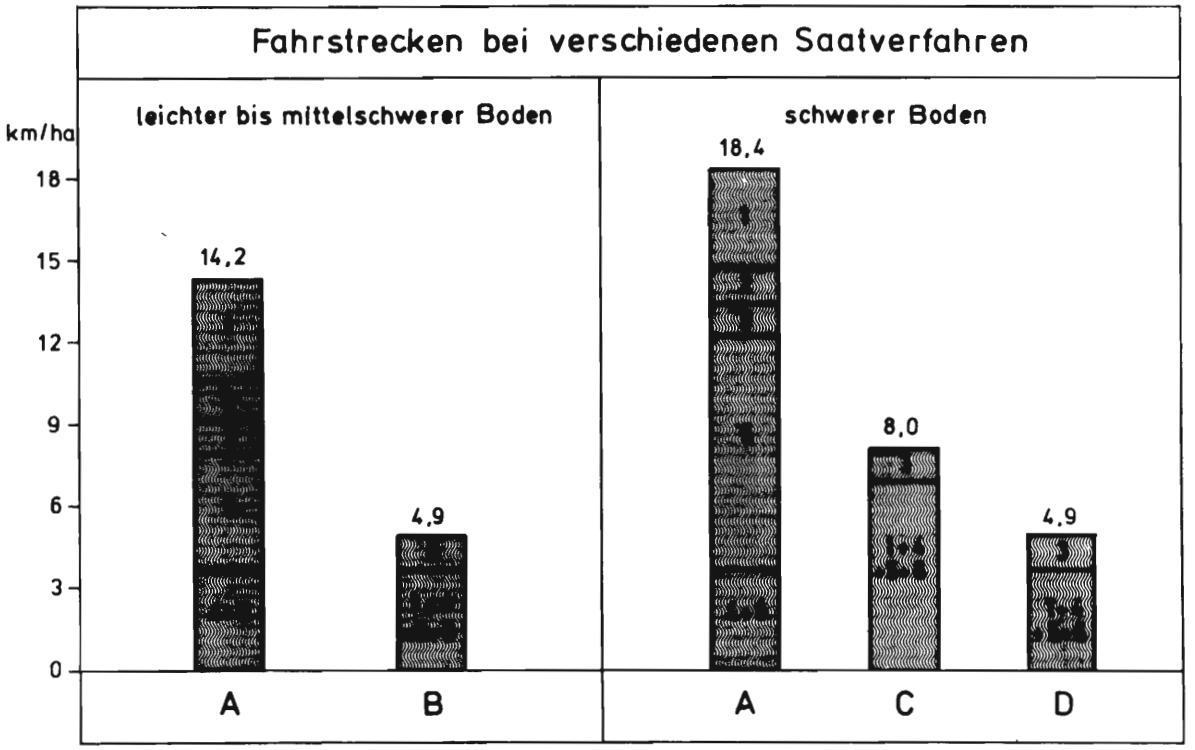


Abb. 63: Fahrstrecken bei verschiedenen Saatverfahren; die in den Säulen eingetragenen Zahlen bezeichnen die einzelnen Arbeiten

Die neuen Verfahren verbinden also kleineren Arbeitsbedarf und größere Schlagkraft mit einer für manchen Standort notwendigen Bodenschonung.

5 ZUSAMMENFASSUNG

1. In allen bayerischen Anbaugebieten sind jedes Jahr hohe Verluste während der Keimung und der unterirdischen Triebentwicklung der Maispflanzen zu beobachten (10 - 30 %). Diese Verluste sind auf ungünstige Entwicklungsbedingungen in den ersten Wochen nach der Saat zurückzuführen. Auffallend ist der hohe Anteil der Pflanzen mit Wuchsstörungen, die dadurch am Auflaufen gehindert werden. Als verursachende Faktoren werden Insektizide im Beizmittel, hohe Bodenfeuchte, ungünstige Saattiefe und Kälteperioden mit Temperaturen unter 5°C nachgewiesen.

2. Da in Bayern immer mit solchen Kälteperioden gerechnet werden muß, sollte alles zur Beschleunigung des Keimlingswachstum getan werden. Als praktikable technische Maßnahmen haben sich die Dammsaat und die extrem flache Saat bei hoher Verdichtung des Keimbetts herausgestellt. Mit dem Damm ist in Saattiefe ein Wärmegewinn von 2 - 3 % zu erzielen. An Tagen mit ungehinderter Ein- und Ausstrahlung können die Temperaturen bis 5 grd höher als in ebenem Boden steigen, in kalten Nächten bis 1 grd darunter fallen. In den niederschlagsreichen Gebieten von Oberbayern und Schwaben kann die Dammsaat leichte Ertragsverbesserungen bringen, wenn es gelingt, den Boden nach dem Häufeln zu verdichten.

   Auf ebenem Boden bringt eine stärkere Verdichtung des Keimbetts und die dadurch mögliche flache Saat eine Beschleunigung des Aufgangs. Keinen fördernden Effekt zeigte die Horstsaat.

   Die Aussaat in Furchen - an sich in den fränkischen Regionen mit ausgeprägter Frühsommertrockenheit von Vorteil - bleibt auf Einzelfälle beschränkt, weil im April

und Mai überall mit kalten, regenreichen Witterungsabschnitten zu rechnen ist und das Saatbett in den Furchen dann zu kalt und naß ist. Aus dem gleichen Grund scheidet auch die Winterzwischenfrucht als Ersatz für die Pflugfurche aus.

3. Die in vielen Gebieten überwiegend hohen und heftigen Niederschläge erfordern bei der Bodenvorbereitung eine Rücksichtnahme auf Bodenerosion und Verschlämmung. Daher wird bisher eine rauhe Saatbettoberfläche bevorzugt, die die Maiskeimlinge großen Nachteilen aussetzt. Zweckmäßig ist daher eine getrennte Behandlung des Pflanzenstreifens und der Fläche zwischen den Reihen in Form der Streifenbearbeitung. Bei vorausgegangener Pflugfurche und leichten bis mittleren Böden reichen 25 cm schmale Eggenfelder für die Bearbeitung aus, wenn die Fahrgeschwindigkeit bei 2 m/s liegt. Auf schweren Böden müssen die Streifen gefräst werden.

4. Hohe Schlagkraft ist für die Maisbestellung eine Notwendigkeit, weil zum optimalen Saattermin nur 40 - 80 h für die Feldarbeit zur Verfügung stehen. Das herkömmliche Verfahren der Maisbestellung benötigt in der Frühjahrszeitspanne 5 bis 6 Arbeitsgänge. Eine Halbierung des Arbeitszeitbedarfs ist möglich, wenn die Düngung vom Saattermin wegverlegt und Bodenvorbereitung und Aussaat in einem Arbeitsgang zusammengefaßt werden. Für solche Verfahren der Bestellsaat (Streifenbearbeitung, Frässaat, Dammsaat) wurden technische Konzepte entwickelt und in praxisgerechten Feldversuchen erprobt. Die Schlagkraft kann damit um 30 bis 50 % gesteigert werden.

5. Die Einsparung von Arbeitsgängen verlangt allerdings eine differenzierte Anpassung der Maschinen an die verschiedenen Standorte. Nur bei sorgfältiger Ausführung der Bestellsaat sind keine Ertragsminderungen zu befürchten. Von der augenscheinlich größeren Erosions-

festigkeit solcher Flächen und der geringeren Bodenverdichtung durch Radspuren sind langfristig positive Wirkungen zu erwarten.

Da bei eingeschränkter Bodenbearbeitung das Unkrautwachstum leichter überhandnehmen kann, gewinnt die exakte Herbst- oder Winterfurche ein besonderes Gewicht. Eine gezielte Kontrolle muß mit Herbiziden vorgenommen werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Åberg, E. — Studien über die Kältetoleranz von Mais. Plant Husbandry, Schweden (1959) Nr. 11, S. 126-148

2. Acker, W. — Was gibt es Neues bei der Einzelkornsaat von Rüben und Mais. Übersicht (1971) H. 4, S. 284 ff

3. Aldrich, S.R. Leng, E.R. — Modern Corn Production. Cincinnati, Ohio, USA (1965)

4. Alvensleben, A.v. Eisele, Chr. — Auflaufschäden bei Mais. Landw. Information d. Fa. Nungesser 6 (1967)

5. Anonym — Growing corn without tillage. Proc. Soil Sci. Soc. America 25 (1961) Nr. 6, S. 516-517

6. Arndt, W. Rose, C.W. — Traffic compaction of soil and tillage requirements. J. agric. Eng. Re. 11 (1966) S. 170-187

7. Bachthaler, G. — Verfahren der pfluglosen Ackerkultur durch Anwendung von Spezialherbiziden. Bayer. Landw. Jahrb. 44 (1967) 5, S. 515-534

8. Barnes Kenneth, K. — Shaped-bed planting. Implement & Tractor 81 (1966) 25, S. 34

9. Bertrand, A.R. Kohnke, H. — Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. Proc. Soil Sci. Soc. America 21 (1957) S. 135-140 Lafayette, Ind.

10. Blake, G.R. Aldrich, R.J. — Effect of cultivation on some soil physical properties and on potato and corn yields. Soil Sci. Soc. America, Proc. 19 400-4030kt. 1955, New Jersey

11. Blake, G.R. — Minimum tillage: Bodenbearbeitung, Bestellung und Pflege mit geringstem Aufwand ohne Ertragsminderung. Grundl. Landtechnik Bd. 19 (1964) S. 5-10

12. Bojew, W. — Ergebnisse von Furchentiefsaat des Maises in Südostbulgarien. Genossenschaftl. Ackerbau (Sofia) 1957, Nr. 2, S. 12-13

13. Bolton, E.F. Aylesworth, J.W. — A comparison of some tillage methods for corn on Brookston clay soil. Canad. J. Soil Sci. 37, 113-119 (1957) Woodslee, Ontario, Canada

14. Brenner, W.G. Mehrle, W. — Probleme der Körnermaisernte bei uns. Technik u. Landwirtsch. 13 (1961) H. 7, S. 145-151

15. Brinkmann, W. — Beitrag zur Meßwerterfassung und -Klassierung von Pflanzenfolgen. Habilitation Bonn 1968

16. Brinkmann, W. Estler, M. — Einzelkornsägeräte Bauarten. KTL-Arbeitsblatt für Landtechnik F-RU 201 (1968)

17. Buchele, W.F. Collins, E.V. Lovely, W.G. — Ridge farming for soil and water control. Agric. Eng. 36, 324-329,331, Mai 1955, Ames, Iowa

18. Burrows, W.C. — Characterisation of Soil Temperature Distribution from Various Tillage-Induced Microreliefs. Proc. Soil Sci. Soc. America 27, 1963, S. 350-353

19. Burrows, W.C. Larson, W.E. — Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. Agronomy J. 54 (1962) Nr. 1, S. 19-23

20. Carter, C.L. — Soil temperature, moisture content and thermal properties. Tennessee Eng. Expt. Sta. Bull. 15 (1951)

21. Collins, E.V.
Shedd, C.K.
Results of row Spacing Experiments with Corn.
Agricultural Engineering, 22, No. 5, May 1941

22. Czeratzki, W.
Neuzeitliche Bodenbearbeitung und ihre Beziehung zur Bodenfruchtbarkeit.
Mitt. über eine Vortragstagung d. Fa. Schlüter, Freising 7 (1969)

23. Deutsches Maiskomitee
Bericht über die Sitzung vom 29.9.70, Frankfurt 1971

24. Deutscher Wetterdienst
Aufzeichnungen verschiedener Beobachtungsstationen im Bayer. Raum.
Wetteramt München und Nürnberg, Agrarmeteorologische Forschungsstelle Weihenstephan

25. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
unveröff. Meßprotokolle zum Maschinenprüfbericht Nr. 1744 (1969) über die Einzelkornsämaschine Pneumasem der Fa. Nodet, Prüfberichte Nr. 1306, 2125, 2127

26. Dotzenko, A.Ss.
Sacharow, N.G.
Maisanbau auf Dämmen.
Nachr. Landw. Wiss. 4, Nr. 4, 42-48, April 1959, Agrophysik Forschungsinstitut

27. Duin, R.H.A.v.
On the Influence of Tillage on Conduction of Heat, Diffusion of Air and Infiltration of Water in Soil.
Versl. Landbouwk, Onderz, 62, 7:1-82 (1956), Netherlands

28. Duin, R.H.A.v.
The Influence of Soil Management on the Temperature Wave near the Soil Surface.
Technical Bull. 29, (1963) Wageningen, Netherlands

29. Ebert, D.
Die Ausbildung des Keimwurzelsystems bei Mais in Abhängigkeit vom Reifegrad.
Dtsch. Landwirtsch. 10, 126-128, März 1959, Leipzig

30. Estler, M.C. — Entwicklung und Stand der Körnermaisernte unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Mähdreschern. KTL-Berichte üb. Landtechnik 107 (1967) Neureuther Verlag, Wolfratshausen

31. Estler, M.C. — Aussaat, Ernte, Trocknung und Körnermais in neuer Sicht. Landtechnik 1/2 (1968) S. 5-15

32. Estler, M.C. u.a. — Technik bei Anbau, Ernte und Konservierung von Mais. KTBL-Flugschrift 19 München (1970) S. 32 ff.

33. Estler, M.C. — Technik im Maisbau- viel Bewährtes, wenig Neues. Landtechnik 15 (1970) S. 499 ff.

34. Fessik, N. — Aussaat nach dem Sechseck-Nestverfahren. Wiss. fortschr. Erfahr. Landwirtschaft 9, Nr. 10, 49-51, Okt. 1959, Mukatschewo, USSR

35. Feuerlein, W. — Geräte zur Bodenbearbeitung. Verlag E. Ulmer Stuttgart (1971) 2. Auflage

36. Finger, J.G. — Vergleichende Untersuchung bei der Maissaat zwischen konventioneller Saatmethode und Streifenbearbeitung (Minimum Tillage). unveröff. Diplomarbeit, Weihenstephan 1966

37. Fischbeck, G. — Ertragssprünge im Pflanzenbau - Möglichkeiten, Grenzen. Mitt. d. DLG, 86. Jg., H. 26 (1971) Frankfurt, S. 677 ff.

38. Foth, H.D. Kinra, K.L. Pratt, J.N. — Corn root development. Michigan State Univ. Agric. appl. Sci. agric. Exp. Stat., quart. Bull. 43 (Aug. 1960) Nr. 1,S.2-13

39. Frese, H. — Aussichten für eine exakte Beurteilung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten. Grundl. Landtechn., H. 7 (1956) S. 5-10

40. Frost, K.R. Shallow strip tillage in seedbed preparation
Transactions of the ASAE 9 (1966) 4, S. 456-457

41. Grobbelaar, W.P. The growth of maize pretreated at various soil temperatures.
Inst. biol. scheikund. Onderzoek Landbouwgewassen Wageningen, Meded. 1962, Nr. 178, S. 33-38

42. Gupalo, A.I. Die Wärmeeigenschaften des Bodens in Abhängigkeit von seiner Feuchtigkeit und Dichte.
Bodenkunde 1959, Nr. 4, 40-45 Apr. Odessa, USSR

43. Hanway, J.J. The Marvelous Maize Plant.
World Farming Bd. 8 Nr. 6 Juni 1966, USA

44. Haynes, J.L.
Sayre, J.D. Response of corn to within-row competition.
Agronomy J. 48, 362-364(1956) Wooster, Ohio, USA

45. Jermilow, G.B. Über die Methodik der Wachstumsverfolgung beim Mais.
Bot. J. 44, 805-807,Juni 1959, Swerdlowsk, USSR

46. Jermilow, G.B. Verschiedene Besonderheiten der Wasseraufnahme von Maiskörnern.
Pflanzenphysiologie 7, 49-56 (1960) Swerdlowsk, USSR

47. Juldaschow, Ch.Ss. Furchensaat von Mais.
Kukuruza 5, Nr. 3, 26-27 (1960) Taschkent, USSR

48. Kalaschnikow, K.Ja. Der Einfluß tiefer Einbringung auf die Erkrankung von Maissamen und -keimlingen.
Ackerbau 6, Nr. 5, 64, Mai 1958, Puschkin, Leningrad, USSR

49. Kalinina, L.W. Die Entwicklung des Maiskeimlings.
Kukuruza 4, Nr. 6,23-24 (1959) USSR

50. Kern, H. — Die Temperaturverhältnisse im Niedermoorboden im Gegensatz zum Mineralboden. Bayer. Landw. Jahrb. 29 (1952) S. 587-602

51. Kising, W. — Maisanbau auf neuen Wegen. Verlag Kniebühler Endingen (1962)

52. Kisilowa, Je.G. — Untersuchungen der Keimungsprozesse bei Maissaatgut. Trudy, Ukrainiskij naucno-issledowatel' skij institut rastenievodstva, selekcii i genetiki, Chafkov 6 (1960) S. 141-156 USSR

53. Kisilowa, Je.G. — Der Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Prozesse des Quellens und Keimens bei Maiskörnern. Bull. ukrain. Forsch. Inst. Pflanzenbau, Zücht. Genetik (1958) Nr. 3, 80-84, Charkow, USSR

54. Kozarev, G. — Einfluß der Bodenfeuchtigkeit und -temperatur auf den Aufgang beim Mais. Naucni trodove, Viss selskostopanski institut "Georgi Dimitrov" Sofia 10 (1961) S. 221-243

55. Kühnberg, L. — Zur Verbesserung der Ablagegenauigkeit bei Einzelkornsämaschinen. Arch. Landtechnik Bd. 6 (1967) S. 47-62, Berlin

56. Larson, W.E. Schaller, F.W. Lovely, W.G. Buchele, W.F. — New Ways to Prepare Corn Ground. Iowa Farm Science 10, Nr. 10, April (1956) S. 3-6

57. Larson, W.E. Burrows, W.C. Willis, W.O. — Soiltemperature, Soil Moisture and Corn Growth as influenced by mulches of Crop Residues. Transactions of 7th Intern. Congr. of Soil Science, Madison, USA (1960)

58. Larson, W.E. — Tillage Requirements for Corn. Journal of Soil and Water Conservation 17:3 (1962) S. 3-7

59. Larson, W.E. — The zone system for corn. Mitt. d. Fa. John Deere Moline, USA (1964)

60. Leßmann, V.H. — Temperaturverhältnisse in Häufelreihen. Jahresber. d. Bad. Landeswetterdienstes 1950, S. 35-45

61. Liesegang, F. Schall, S. — Der natürliche Standort für den Anbau von Körner- und Silomais. Ber. üb. Landw. 44 (1966) H. 3, S. 568-605

62. Lovely, W.G. — Ridge Planting of Corn. Report of the 10th Hybrid Corn Industry-Research Conference, (1959), Ames, Iowa, S. 61-67 USA

63. Mossolow, I.W. Panowa, A.W. — Die Rolle der Erst- und Zweitwurzeln bei Mais. Kukuruza 2, Nr.7, 27-29 (1957) USSR

64. Mudra, A. — Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Verlag Parey Berlin (1958)

65. Müller, H.W. Winkel, A. — Möglichkeiten zur Ertragssteigerung beim Anbau von Silomais durch Verbesserung der Aussaatbedingungen. Z.landw.Versuchs-u.Untersuchungswes.4, 547-567(1958) Bernburg/S.

66. Oksenenko, I.A. — Häufelsaat bei Mais. Kykypyea 5, Nr. 5, 21-24, Mai 1960 Iwanowo, USSR

67. Osjorow, W.I. — Wurzelwachstum bei Mais in Abhängigkeit von der Art der Düngereinbringung. Düng. u. Ernte 2, Nr. 4, 25-31 (1957) Sumy USSR

68. Pamfil, C. — Der Einfluß der Fehlstellen auf den Körnermaisertrag. Inst.agronom.Cluj, Lucrari stiint 16 (1960) S. 55-62

69. Parsons, S.D. — No-Plow ....Once Over Planting World Farming, Bd. 9, Nr. 4, April 1967, Kansas City, Missouri, USA

70. Pejew, Chr. Entwicklung des Wurzelsystems von Mais auf Podsolböden. Kykypyea 2, Nr. 9, 25-29 Sept. 1957, Moskau

71. Pejew, Ch.W. Die Dynamik des Wachstums und der Gliederung des Wurzelsystems von Mais. Nachr. landwirtsch. Timirjasew-Akad. (1958) Nr. 5, 71-82, USSR

72. Peterson, A. Minimum Tillage goes Nationwide. u. System for Minimum Tillage. Farm Quarterly 19/1, 1964 Cincinnati, Ohio (1964) USA

73. Plendl, M. Stand u. Entwicklungsmöglichkeiten landwirtsch. Betriebe in ausgewählten Naturräumen Bayerns. Dissertation Weihenstephan (1967)

74. Pollmer, W.G. Keimung und Wachstum von Maisvarietäten bei niedrigen Temperaturen. Bayer. Landw. Jahrb. 3 (1969) S. 279-288

75. Popovici, Gh. Der Einfluß des Wasserhaushaltes auf Mais in Verbindung mit den verschiedenen Vegetationsphasen. Comun. Acad. Republ. Populare romine 9, 355-360(1959)

76. Riley, J.A. Soil temperatures as related to corn yield in Central Iowa. Monthly Weather Rev. 85/12 (1957) S. 393-400 USA

77. Rintelen, P. Mehrle, W. Mechanisierung der Silo- und Körnermaisernte. Landtechnik 14 (1959) H. 9, S. 264-270

78. Rintelen, P. Die Ökonomik des Körnermaisanbaus im landwirtschaftlichen Betrieb. Ber. üb. Landw. Bd.42 (1964) H. 1, S. 1-81

79. Rintelen, P. u.a. Mais, ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomik. Bayer. Landw. Verlag München (1971)

80. Roder, W. — Zur Wachstumsphysiologie, Ertrags- und Inhaltsstoffausbildung der Silomaispflanze in Abhängigkeit vom Sortencharakter. 1. Mitt. Physiologie der Keimung und des Aufgangs des Maiskornes. Wiss. Z. Hochschule LPZ, Meissen 5 (1962) Nr. 3, S. 317-342

81. Rundfeldt, H. — Über die Zukunft des Feldversuchswesens EDV in Medizin und Biologie 1 (1970) S. 17-23

82. Sack, H. — Überlegungen zur Minimalbodenbearbeitung. Landtechnik 3/1966

83. Schaefer-Kehnert, W. Adelhelm, R. — Entwicklungslinien der Mechanisirung in der Landwirtschaft der USA. Frankfurt/M. (1964) S. 37 ff.

84. Schafmayer, H. — Flache oder tiefe Saatbettherrichtung für Zuckerrüben? Mitt. DLG 82 (1967) H. 10, S. 315-317

85. Schneider, D. — Versuche zur Sicherung des Kornertrags bei Mais durch Umpflanzen und photoperiodische Behandlung der Maispflanze im Jugendstadium. Dissertation Bonn 1956

86. Schmid, J. — Betriebswirtschaftliche Untersuchungen zur Konservierung von ausgedroschenem Mais. Dissertation Weihenstephan (1966)

87. Schulze, J. — Die Kältetoleranz des Maises. Dtsch. Landwirtsch. 9, 111-113, März 1958, Berlin

88. Schuster, W. Bretschneider-Hermann, B. — Kälteverträglichkeit der deutschen Maissorten. Bayer. Landw. Jahrb. H. 7 (1968) S. 833-848

89. Schwerdtle, F. — Untersuchungen zu Direktsaatverfahren im Vergleich zu herkömmlicher Bestellung bei verschiedenen Kulturen unter Berücksichtigung der Unkrautflora. Dissertation Hohenheim 1970

90. Schwerdtle, F.
Koch, W.
Auftreten von Unkräutern und Krankheiten bei Getreide und Mais nach Direktsaat.
Mitt. Biol. Bundesamt f. Land- u. Forstwirtschaft (1967) S. 214-217

91. Segeta, V.
Das Problem der Kälteresistenz bei aufgehenden Maiskeimpflanzen.
Sbornik ceskoslov. Akad. zemedelských Ved, rostlinná Vyroba 6 (33) (März 1960) Nr. 3, S. 307-318

92. Segeta, V.
Kälteresistenz des Maises und die pathogene Mikroflora.
Sbornik ceskoslov. Akad. zemedelskych Ved, rostlinna Výroba 6 (33), Dez. 1960, Nr. 11, S. 1639-1656

93. Shaw, R.H.
Water use from plastic-covered and uncovered corn plots.
Agronomy J. 51, S. 172-173 März 1959, USA

94. Siegenthaler, J.
Bodentemperaturen in Abhängigkeit von äußeren meteorologischen Faktoren.
Beitr. Geophysik 40/15 (1933) S. 305-332

95. Stanew, P.
Furchensaat zu Mais unter den Bedingungen der landwirtsch. Forschungsstation Obraszow Tschiflik bei Russe.
Samml. wiss. Arb. landwirtsch. wiss. Forsch.-Inst. Dobrudsha "W. Tschwenkow" Landwirtschaftsminist. (Sofia) 3, 191-200 (1956)

96. Stanzel, H.
Estler, M.C.
Strehler, A.
Aufgaben und Erfolge bei der Entwicklung einer höheren Mechanisierungsstufe im Maisbau.
Grundl. Landtechnik 19, Nr. 3, S. 104-108 (1969)

97. Stanzel, H.
Erfahrungen mit der Minimalbodenbearbeitung.
Übersicht 11 (1967) S. 893-896

98. Subrew, A.I.
Kammsaat von Mais auf Rasenpodsolböden.
Pocvovedenie, Moskva 1961 (Nov.) Nr. 11, S. 65-72

99. Svinarev, V.I. — Wachstum und Entwicklung von Maispflanzen in Abhängigkeit von ihrer Anzahl im Nest und der Fläche der Quadrate bei der Aussaat im Quadrat-Nestverfahren. Bjulleten Moskovskogo obscestva ispytatelej pridody 132 (Mai/Juni 1961) Otdel biolgiceskij 66 Nr. 3, S. 68-76

100. Svinarev, V.I. — Besonderheiten der Bildung und Entwicklung der Mais-, Soja- und Melonenwurzelsysteme bei Nestsaat. Doklady Akademii nauk SSSR, Moskva 137 (29) 11/4 (1961) Nr. 5, S. 1233-1236

101. Sysolin, P.V. Likkej, A.V. Ivanica, K.G. — Die Ursachen für Körnerbrüche in Säapparaten. Traktory i sel' chozmasiny (Moskau) 41 (1971) 4, S. 24-25

102. Torfason, W.E. Nonnecke, I.L. — A study of the effects of temperature and other factors upon the germination of vegetable crops. Canad. J. agric. Sci. 34, S. 137-144, März/April 1954 Lethbridge, Canada

103. Tschutschew, M. — Die Furchenaussaat des Maises. Landwirtsch. Blatt Sofia 2, 179-181, (1957) Kolarrowgrad, Bulgarien

104. Weger, N. — Bodentemperaturen in Beeten verschiedener Form und Richtung. Meteor. Rundsch. 2 (1949) S. 291-295

105. Zscheischler, J. Gross, F. — Mais-Anbau und Verwertung. DLG-Verlag Frankfurt 1966

106. Zweifler, E. — Probleme des österreichischen Maisbaus. Bodenkultur 16 (1965) S.102-131 Wien

107. KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft. Landwirtschaft Bd. I Frankfurt (1969)

108. Maisanbau - Möglichkeiten und Grenzen in der Bundesrepublik. DLG-Verlag Frankfurt 1961

109. Betriebswirtschaftliche und landtechnische Datensammlung für die Landwirtschaftsberatung in Bayern. Bd. I München 1966

110. Symposion: Neue Anbauverfahren in der Landwirtschaft mit Hilfe von Gramoxone; mit Beiträgen von Rohrbach, Kahnt, Teuteberg, Czeratzki, Schwerdtle, Birnkammer
Mitt. d. Fa. Merck, Darmstadt (1969)

111. Statistisches Bundesamt
Fachserie B, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Reihe 1
Bodennutzung und Ernte
Stuttgart, Mainz 1961 und 1972

7 ANHANG

Tabelle 12 Beschreibung der Versuchsorte

Nr.	Versuchsort	Landkreis	Reg. bezirk	Geograph. Lage	Höhe m	Boden	Erzeugungsgebiet nach Plendl (73)	Meteorologische Daten Mai - September: Vers. Jahr	Temperatur °C	Niederschlag mm	Sonnenschein h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Arnstein	Karlstadt	Unterfranken	49° 59'N 9° 58'E	280	Lehm	VI_2 Mainfränk. Muschelkalk-Hfl	1965	14,6 (Stat. Schweinfurt)	381	905
2	Dächheim	Schweinfurt	Unterfranken	49° 56'N 10° 11'E	200	Löß-lehm	III_1 Ochsenfurter Gäugebiet	1965 1966 1967	14,6 (Stat. Schweinfurt) 14,7 16,1	381 434 287	905 1107 1040
3	Schottenstein	Lichtenfels	Oberfranken	50° 9'N 10° 53'E	272	lehm. Sand	IV_1 Jura	1967	15,6 (Stat. Coburg)	336	1045
4	Gonnersdorf	Fürth	Mittelfranken	49° 28'N 10° 48'E	390	lehm. Sand	VII_1 Mittelfränk. Keupergebiet	1965 1967	14,5 (Stat. Nürnberg-Buchenb.) 16,0	438 325	935 1128
5	Veitsbronn	Fürth	Mittelfranken	49° 31'N 10° 56'E	273	lehm. Sand	VII_1 Mittelfränk. Keupergebiet	1966	15,2 (Stat. Nürnberg-Buchenb.)	428	988
6	Brudersdorf	Nabburg	Oberpfalz	49° 27'N 12° 8'E	420	lehm. Sand	V_3 Bruchschollenland	1965 1966	14,1 (Stat. Amberg) 13,9	395 597	946 1098
7	Makofen	Straubing	Niederbayern	48° 49'N 12° 44'E	336	Löß-lehm	II_8 Donau-Schwemmland	1965 1966 1967	14,8 (Stat. Straubing) 15,5 16,2	507 509 388	893 972 1106
8	Buchhofen	Vilshofen	Niederbayern	48° 40'N 12° 55'E	330	Löß-lehm	II_8 Donau-Schwemmland	1965	14,1 (Stat. Metten/Neusling)	515	863
9	Fuchsgrub	Pfarrkirchen	Niederbayern	48° 26'N 12° 53'E	405	sand. Lehm	II_1 Tertiäres Hügelland	1967	15,7 (Stat. Falkenberg/Pfarrk.)	412	1056
10	Weihenstephan Dürnast	Freising	Oberbayern	48° 24'N 11° 44'E	470	sand. Lehm	II_1 Tertiäres Hügelland	1965 1966 1967	13,6 (Stat.Weihenstephan) 14,2 14,6	639 513 443	880 953 1075
11	Unterneukirchen	Altötting	Oberbayern	48° 10'N 12° 36'E	460	sand. Lehm	II_3 Oberbayer. Acker-Grünlandgebiet	1965	14,2 (Stat. Mühldorf)	590	860
12	Schönberg	Traunstein	Oberbayern	48° 2'N 12° 34'E	580	sand. Lehm	II_3 Oberbayer. Acker-Grünlandgebiet	1966 1967	14,7 (Stat. Trostberg) 15,2	789 531	969 1090
13	Schwabhof	Augsburg	Schwaben	48° 17'N 10° 58'E	500	hum. ton. Lehm	II_9 Iller-Donau-Niederung	1966	15,0 (Stat.Augsburg	615	1012 1,3,2)
14	Honsolgen	Kaufbeuern	Schwaben	48° 1'N 10° 46'E	630	hum. ton. Lehm	II_4 Iller-Lech-Platte	1967	13,9 (Stat. Landsberg)	658	1014

Tabelle 13 F-Test zur Tab. 2: Wirkung verschiedener Einflußgrößen auf das frühe Maiswachstum

Faktoren		Merkmal 1 1. Auszählung aufgelaufene Pflanzen		Merkmal 2 Bonitierung äußeres Erscheinungsbild		Merkmal 3 2. Auszählung aufgelaufene Pflanzen		Merkmal 4 normal entwickelte Pflanzen		Merkmal 5 tote Körner		Merkmal 6 Pflanzen mit gekrümmten Wuchs	
	FG	SQ	F	SQ	F	SQ	F	SQ	F	SQ	F	SQ	F
Sorte	2	163,41	6,98 **	2,03	0,29	215,58	17,22 **	183,26	14,01 **	108,22	17,29 **	12,93	1,59
Beizung	4	2890,89	61,72 **	23,44	1,68	2266,50	90,51 **	2709,91	103,59 **	1890,93	151,03 **	1678,69	103,11 **
Feuchte	1	9,20	0,78	0,15	0,04	5,10	0,81	8,07	1,23	3,50	1,12	22,20	5,45 *
Saattiefe	1	2035,84	174,00 **	216,60	61,96 **	1166,00	186,25 **	1251,27	191,32 **	4,54	1,45	1105,10	271,52 **
Bodenart	1	69,34	5,92 *	180,27	51,56 **	10,00	1,59	0,60	0,01	656,70	209,81 **	617,64	151,75 **
Kälteperiode	1	36,04	3,07	41,67	11,92 **	152,00	24,28 **	114,82	17,56 **	288,20	92,08 **	39,20	9,63 **
Sorte x Beizung	8	73,38	0,78	26,18	0,94	39,9	0,80	33,95	0,65	25,81	1,03	35,48	1,09
Sorte x Feuchte	2	14,86	0,64	10,97	1,57	6,36	0,51	4,56	0,35	2,56	0,41	6,63	0,82
Sorte x Saattiefe	2	10,52	0,45	11,77	1,68	13,26	1,07	8,91	0,68	7,73	1,24	0,23	0,05
Sorte x Bodenart	2	35,58	1,52	15,83	2,18	55,41	4,42 *	56,57	4,32	13,01	2,08	30,23	3,71 *
Sorte x Kälteperiode	2	27,08	1,16	5,91	0,84	17,31	1,39	22,71	1,74	6,81	1,09	4,93	0,60
Beize x Feuchte	4	112,44	2,40	7,89	0,56	90,17	3,59 *	88,43	3,38 *	63,02	5,04 **	20,11	1,24
Beize x Saattiefe	4	57,31	1,22	28,77	2,06	82,43	3,30 *	55,65	2,13	8,32	0,66	34,54	2,12
Beize x Bodenart	4	650,31	13,89 **	74,02	5,29 **	734,77	29,34 **	710,23	27,15 **	761,98	60,86 **	8,71	0,54
Beize x Kälteperiode	4	103,36	2,20	8,29	0,59	84,77	3,39 *	82,10	3,14 *	91,23	7,29 **	9,36	0,57
Feuchte x Saattiefe	1	16,54	1,41	54,15	15,49 **	2,60	0,42	2,02	0,31	0,94	0,3	5,70	1,40
Feuchte x Bodenart	1	75,94	6,48 *	30,82	8,82 **	4,54	0,72	12,15	1,86	10,84	3,46	45,94	11,29 **
Feuchte x Kälteperiode	1	0,10	0,00	7,35	2,10	7,70	1,23	6,67	1,02	5,10	1,63	0,10	0,02
Tiefe x Bodenart	1	703,84	60,15 **	19,27	5,51 **	424,00	67,73 **	410,82	62,82 **	15,50	4,95 **	585,94	143,07 **
Tiefe x Kälteperiode	1	1,84	0,15	0,27	0,08	1,84	0,29	1,07	0,16	5,10	1,63	10,84	2,66
Bodenart x Kälteperiode	1	37,60	3,21	1,07	0,31	34,50	5,51 *	45,07	6,89 **	44,20	14,12 **	0,004	0,00
SQ Komb.	48	6539,7	11,6 **	766,72		5414,5		5808,84		4014,24		4272,50	
Fehler	191	2236,8		667,68		1195,6		1248,34		597,42		776,80	

*Differenzen sind signifikant (P = 5 %) **Differenzen sind hochsignifikant (P = 1 %)